علم الفيزيقا

علم وقصص

تأليف

أحمد فهمي أبو الخير

الكتاب: علم الفيزيقا .. علم وقصص

الكاتب: أحمد فهمي أبو الخير

الطبعة: ٢٠٢١

الطبعة الأولى ١٩٣٩

الناشر: وكالة الصحافة العربية (ناشرون)

٥ ش عبد المنعم سالم – الوحدة العربية – مدكور- الهرم – الجيزة - جمهورية مصر العربية
هاتف : ٣٥٨٢٥٢٩٣ _ ٣٥٨٦٧٥٧٦ _ ٣٥٨٦٧٥٧٥
فاكس : ٣٥٨٧٨٣٧٣

http://www. bookapa.com E-mail: info@bookapa.com

دار الكتب المصرية
فهرسة أثناء النشر

أبو الخير ، أحمد فهمي
علم الفيزيقا.. علم وقصص / أحمد فهمي أبو الخير
– الجيزة – وكالة الصحافة العربية.
٢٩٧ ص، ١٨*٢١ سم.
الترقيم الدولى: ٣ –٢٤٩ – ٩٩١ – ٩٧٧– ٩٧٨
أ – العنوان رقم الإيداع : ١٠٥٢٥ / ٢٠٢١

علم الفيزيقا

علم وقصص

وكالة الصحافة العربية
«ناشرون»

مقدمة

أما بعد،، فأقدم إلى قرائي نوعاً من أدب جديد، هو أدب العلوم كما يسميه أهل الغرب، وهو ذلك الأدب الذي يرمي إلى نشر الثقافة العلمية عن طريق شرح العلوم العلمية في تعمق ولا تبذل. والحق إن أدب اللغات قد طغى على أدب العلوم بشكل ريع له العلميون، فقاموا أخيراً ينشرون بحوثهم في صيغة تستسيغها الجماهير، حيث تقرب العلوم العلمية إلى أكبر عدد منهم فتهضمها عقولهم. ومن ثم ظهر ذلك الأدب العلمي الشائق الذي نراه اليوم في كتابات سلسون وجينز وكمسن وإنفلد وبوانكاريه (العالم لا السياسي) وإدنجتون ولودج وأندريد ومشرفة ومصطفى نظيف وغيرهم من فطاحل العلماء وكبار الأدباء العلميين، وبلغت تواليفهم من البيان الرائع درجة تستهوي القلوب وتطرب الأسماع.

وسأبسط هذه البحوث في لغة قد تكون من إنشائي، وقد تكون مقتبسة أو مترجمة عن هؤلاء الأعلام وغيرهم. أقول هذا لأن العود بالفضل لأهله أولى وأنبل، وسأترسم خطى هؤلاء الأفذاذ في هذا السبيل مبتعداً عن صلابة العلم ما أمكن، فارضاً أن قرائي لا دراية لهم سابقة بالعلوم، مراعياً حاجة الطالب وغير الطالب مستعيناً بالصور والرسوم. وآمل أن يشعر كل من يقرأ كتابي هذا بلذة في العلم تثير في نفسه الرغبة في الاستزادة منه في المصادر المطولة الأخرى. والله أسأل أن يسدد خطاي في سبيل نشر الثقافة العلمية ورفع مستواها بين جميع الطبقات.

أحمد فهمي أبو الخير

القاهرة في أكتوبر سنة ١٩٣٨

الفصل الأول

أرشميدس

في البحر الأبيض المتوسط جنوبي إيطاليا تقع جزيرة صقلية، التي اشتهرت قديماً بمدنها ومعابدها وقصورها، وحدائقها الغناء الوارفة الشجر الدانية الثمر، وحقولها التي تنبت الحنطة، وبركانها العظيم- بركان إتنا- الذي تخرج منه سحب البخار والغبار والذي تتدفق منه أحياناً سيول نارية من صخر منصهر ينحدر من فوهته إلى أسفله. ولطالما رجت الزلازل هذه الجزيرة رجاً شديداً، ولكن أشدها كانت تلك الزلزلة التي خربت بلدة مسينا في مستهل سنة ١٩٠٨.

وسرقوسة أكبر مدن صقلية، يسكنها اليوم خمسة وعشرون ألف نسمة، أقامها بناتها على جزيرة صغيرة يصلها جسر عظيم بأمها الجزيرة الكبرى صقلية ذاتها. وكان سكانها القدماء عشرة أضعاف سكانها القدماء عشرة أضعاف سكانها الحاليين، وكانت مساكنها تملأ الرحب منها منتشرة فوق المرتفعات والصخور، ممتدة على ضفتي النهر الذي يشقها حتى العراء وحتى الأرض التي ينمو فيها نبات البردي الذي كان الأقدمون يصنعون منه ورقاً للكتابة.



(شكل ١) أرشميدس

في هذه المدينة ولد أرشميدس سنة ٢٨٧ قبل الميلاد، وفيها أقام بعد أن تلقى العلم في مدينة الإسكندرية، وكان غنياً عاقلاً أريباً، جمعته بملك الجزيرة "إيرو" صداقة وقرابة. ولو أراد لعاش في معية ذلك الملك مترفاً مرفهاً معززاً مكرماً، بين لهو وقصف، وجد وهزل. ولكن الله رزقه عقلاً سما به عن هذه الملاذ الدنيوية، واتجه به صوب غرض آخر أشرف هو الغرض العلمي البحت للبحث وراء الحقيقة العلمية أنى كانت، وكان يجد في درس قوانين الطبيعة

وكشف أسرارها لذة لا تعدلها لذة.

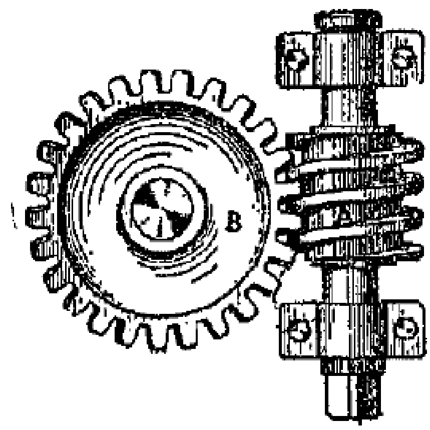
واستعرت الحرب بخصوص هذه الجزيرة الجميلة الخصبة بين الإغريق والرومان وأهل قرطاجة في أفريقيا، كل يريد امتلاكها. ولكن إيرو ملكها حالف الرومان، وكانت القوة في جانبهم، فاستطاع أن يحتفظ بملكه فيها خمسين سنة انتعشت في غضونها التجارة والصناعة في سرقوسة. ثم رأى أن يتبنى السفن فأنشأ منها عمارة كبيرة اشتملت على أكبر سفينة ظهرت حتى ذلك الوقت، وجعلت هذه السفن تراود البحار وتمخرها، فأقلعت إلى مصر وبلاد اليونان، وأبحرت إلى إفريقيا وإسبانيا وشواطئ فرنسا وإيطاليا تستبدل بالحب والفاكهة الحرير واللآلئ والعنبر والخيول العربية الأصل.

الروافع

وكان أرشميدس يمضي كثيراً من وقته في الميناء وفي أحواض بناء السفن يرقب البحارة وصانعي السفن أثناء عملهم، ويساعدهم بمخترعاته الحديثة التي كان قد وصل إليها إذ ذاك. رآهم ينصبون في رفع الأثقال الضخمة، فعلمهم كيف يرفعونها دون كبير نصب ولا تعب عن طريق استعمال رافعة أو عتلة يضعون رفها تحت الحجر الضخم المراد نقله ثم يركزون بها على حجر آخر صغير مجاور للأول، إذ بذلك يستطيعون استخدام القوة الصغيرة في قلقلة الثقل الكبير. وقاس أرشميدس القوة التي استخدمت بهذه الطريقة، فوجد أنها تكبر كلما زاد طول الرافعة وقل طول المسافة بين الحجر المراد نقله والحجر الذي ترتكز عليه الرافعة. فإذا كانت المسافة بين المرتكز واليد المحركة خمسة أمثال المسافة بين المرتكز والحجر المراد نقله تضاعفت قوة اليد خمسة أمثال، وبذلك يستطيع رجل واحد أن يرفع حجراً يستدعي رفعه بدون رافعة خمسة رجال.

وإذا وصل أرشميدس إلى ذلك جعل يحدث نفسه ويقول: "وإذن كلما أطلنا

الرافعة الطول الكافي ما استعصى علينا نقل أي حجر مهما كان ثقله". وأسرع إلى مليكه يخبره بهذا الكشف. قال: "لو أنك أيها الملك منحتني مكاناً خارج هذه الأرض أقف فيه لقلقلت لك الأرض كلها". وكان أرشميدس يعلم بطبيعة الحال أن الأمر ليس هيناً كما قال، لأن الرافعة التي تلتزم لقلقلة الأرض لا بد أن تكون متينة وضخمة تتناسب مع جرم الأرض. وعدا هذا فقد كان يعلم أنه يحتاج أيضاً إلى مرتكز ثابت ترتكز عليه الرافعة، فضلاً عن أن المكان الذي يقف فيه هو نفسه يجب أن يكون ثابتاً لكي يستطيع أن يبذل القوة التي يريدها. ونحن نعلم اليوم أن الأرض تسبح في الفضاء، وأنه لا يوجد مكان ثابت مستقر في أية جهة لأن الكون كله دائب الحركة، وعلى ذلك فنحن بعد هذه السنين كلها وقد زادت على ألفين ومائتين، لن نستطع إجراء تلك التجربة العظيمة التي اقترحها أرشميدس. وهناك أشياء أخرى قال بها أرشميدس وتستعمل اليوم بكثرة. مثال ذلك اللولب اللا نهائي، الذي استطاع به أرشميدس أن يسحب سفينة بما عليها من رجال وسلع على الرمل بسهولة كما لو كانت سابحة في الماء أمام صديقه الملك الذي بهت لذلك وسر له غاية السرور.



(شكل ٢) اللولب اللا نهائي

قصة التاج المزغول

وزادت مكانة أرشميدس لدى مولاه وحباه ثقته وعطفه، وكان الملك قد أعطى صائغاً قدراً من الذهب لكي يصوغ له منه تاجاً يهديه أحد المعابد. وعاد الصائغ بالتاج إلى الملك بعد بضعة أسابيع، فأمر بوزنه وفعلاً وزن التاج ووجد أن وزنه يعدل وزن الذهب الذي تسلمه الصائغ. غير أن الملك بلغه فيما بعد أن الصائغ قد أخذ لنفسه جزءاً من الذهب ووضع بدله فضة تعدله وزناً. وكان ملكاً عادلاً أريباً فلم يشأ أن يهتم الصائغ دون أن تكون لديه البينة على إجرامه. فأرسل في طلب أرشميدس وسلمه التاج. وسأله أن يفحصه ليرى إذا كان مخلوطاً بالفضة أو كان ذهباً نقياً خالصاً.

حار أرشميدس في ذلك الأمر طويلاً وسقط في يده، لقد وزن التاج فإذا به يجد الوزن صحيحاً. والتاج من جهة أخرى يبرق كأنه صيغ من ذهب خالص فماذا هو صانع؟ لقد جاء بقطعتين متساويتين حجماً إحداهما من الذهب والثانية من الفضة، ثم وزنهما فوجد أن وزن قطعة الذهب يكاد يبلغ ضعف وزن قطعة الفضة. فقال في نفسه: "لو أنني أصهر التاج فأجعله كتلة مصمتة مكعبة الشكل مثلاً، ثم أجئ بقطعة من الذهب الخالص تضاهي هذه الكتلة حجماً، فإن وزنيهما يتساويان لو كان التاج من الذهب الخالص. فإذا لم يكن قد صيغ منه فكتلة التاج تكون بلا شك أخف". ومر بخاطره أن يصهر التاج، ولكنه كان جميل الصنع فرغب عن صهره. ولو أنه حصل على حجم المادة المكونة لاستطاع بسهولة أن يعرف ما إذا كان ذهباً خالصاً أو مزغولاً، فكانت العقدة إذن كيف يعين حجم مادة التاج دون أن يصهره.

وكان من عادة أرشميدس أن يتابع بحث كل مسألة تعترضه فلا يشغل نفسه بغيرها حتى يصل إلى حلها؛ ولذا كان يرى أحياناً يخط على رماد الموقد خطوطاً

ودوائر لكي يصل منها إلى حل مسألة هندسية، وأحياناً وهو في الحمام وعبيده يدلكون جسده بالزيت زيادة في ملاسته، كان يخط بأصابعه أشكالاً على طبقة الزيت التي تغطي بشرته، أي أنه كان ينصرف بكلياته وجزئياته إلى المسألة التي بين يديه إلى أن يحل عقدها.

وحيرته كثيراً مسألة التاج هذه؛ ففي ذات يوم وهو في الحمام ورد الحل على خاطره، وكان من عادته أن يغتسل في حوض كبير يسع جسمه كما هي عادة الإغريق. وكان الحوض مملوءاً بالماء حتى الحافة، فلما قفز إليه فاض الماء من جميع الجوانب، وكان قد غاص بجسمه كله في الماء من رأسه إلى أخمص قدميه. ولما خرج من الحوض وجد أن الماء لم يملأه حتى الحافة كسابق أمره، بل انخفض سطحه كثيراً تحت الحافة. ألا يعدل حجم الماء الذي سأل حجم جسمه بالضبط؟ عندئذ وضح الأمر وحل اللغز الذي طالما فكر فيه. لقد عثر على طريقة لتعيين حجم جسمه هو دون أن يحيل نفسه كتلة مصمتة، فلماذا إذا لا يحصل على حجم التاج بنفس الطريقة؟

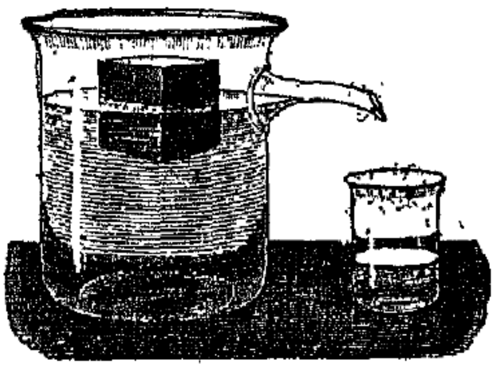
وجن من فرط سروره بكشفه الجديد، وخرج من الحمام عارياً كما يقول الرواة، والماء يقطر من جسده مذهولاً لا يعي، ومضى يصيح: "لقد وجدتها، لقد وجدتها"، يريد بذلك أنه وصل إلى حل اللغز. وأسرع إلى وعاء كبير وملأه حتى الحافة، ثم غمر فيه التاج ففاض من الوعاء بعض الماء، ولما أخرج التاج انحسر سطح الماء منخفضاً أسفل الحافة داخل الوعاء. ثم جاء بكأس معلومة السعة، وكال بها الماء اللازم لملء الوعاء إلى الحافة من جديد، فحجم هذا الماء يعدل بالضبط حجم التاج.

ثم أخذ قدرين من الفضة والذهب يساوي وزن كل منهما وزن التاج. ثم صهر كل كتلة على حدة، فكان لديه بذلك ثلاثة أشياء متساوية في الوزن:

قطعة من الذهب، وأخرى من الفضة، ثم التاج الذي صنعه الصائغ. وبعدئذ غمر قطعة الذهب في إناء مملوء بالماء حتى الحافة فأزاغت قدراً منه، ثم غمر قطعة الفضة في الماء فوجد أنها أزاغت من الماء ضعف ما أزاغته الأولى تقريباً. وأخيراً غمر التاج في الوعاء بعد ملئه، فوجد أن الماء الذي أزاغه أكثر من الماء الذي أزاغته قطعة الذهب، وأقل من الماء الذي أزاغته قطعة الفضة. وبذلك أثبت أن التاج ليس من الذهب الخالص، بل يشتمل على قدر من الفضة. واستطاع في النهاية أن يصنع سبيكة من الذهب والفضة المخلوطين تزيغ من الماء قدر ما يزيغه التاج بالضبط. وذهب بعدئذ إلى مولاه وأخبره بما يحتويه التاج بالضبط من الفضة، وبمقدار ما سرقه الصائغ من الذهب؛ فشكر الملك لصديقه النابه صنيعه مشيداً بفضله وعلمه، وأرسل يطلب الصائغ، فلما مثل بين يديه أخبره بأنه كشف أمره. فاعترف الصائغ بجرمه إزاء ما جوبه به من الحقائق، واسترد منه الملك الذهب المسروق، وأمر بسجنه.

قاعدة أرشميدس الشهيرة

وتابع أرشميدس تجاربه يجريها على مختلف المواد والأجسام؛ فجعل يزن أجساماً معلقة في الهواء، ثم معلقة في الماء، ووجد أن الأجسام إذا وزنت وهي معلقة في الماء بخيط يربط في الميزان فإن أوزانها وهي كذلك تقل عن أوزانها وهي معلقة في الهواء. ووجد أن الفرق بين الوزنين يعدل وزن الماء الذي يزيغه الجسم. ثم مضى يجري تجاربه على أجسام تطفو على الماء كالخشب، فجاء بكأسه الشهيرة باسمه، وهي كأس لها فتحة ينبثق منها صنبور، ثم صب فيها الماء حتى تدفق من الصنبور. ووضع الكأس بمائها في كفة ميزان ووازنها في الكفة الأخرى بأثقال أحدثت الاتزان المطلوب. ثم أخذ الكأس من الكفة تاركاً الأثقال في الأخرى. وجاء بقطعة خشب سبق له أن وزنها، ورمى بها في الكأس فطفت على مائه بعد أن تدفق خلال الصنبور بعض الماء الذي جمعه في كأس أخرى. ثم وضع الكأس من جديد بمحتوياتها من ماء وخشب طاف فوقه في كفتها فاتزنت مع الأثقال السابقة الموجودة في الكفة الأخرى. وإذن فقطعة الخشب لم تزد في وزن الكأس وما بها من ماء، لأن وزنها يعدل وزن الماء الذي تدفق والذي جمعه في كأس أخرى على حدة.

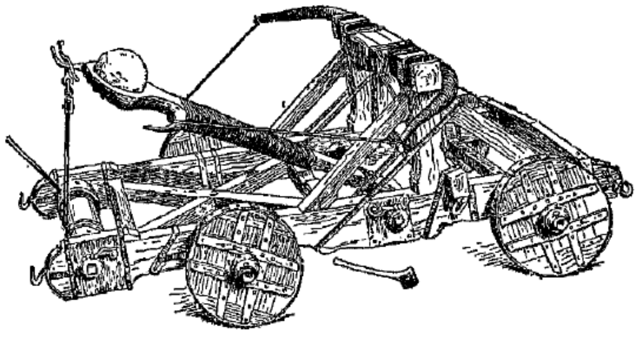


(شكل ٣) كأس أرشميدس

وعندئذ وضع أرشميدس قاعدته الشهيرة في بضع كلمات هي "كل جسم يقل وزنه في الماء بقدر وزن ما يزيغه من هذا الماء، وكل جسم يطفو على الماء يزيغ منه ما يعدل حجمه حجم الجزء المغمور وما يعدل وزنه وزن الجسم الطافي كله". وقاعدته هذه صحيحة إذا استبدل بالماء أي سائل آخر. وينسب إليه اختراع الطنبور المستعمل الآن في ري الأرض، وهو شائع الاستعمال في مصر كلها.

وفاته

وامتد زمن السلم في صقلية بعد محالفتها الرومان خمسين سنة، فلما نقض هؤلاء تحالفهم وأغاروا على سرقوسة وكل أمر الدفاع عنها إلى أرشميدس. فصنع آلة حربية ضخمة كانت تمطر الجيش المهاجم بالصخور الضخمة التي تغرق كل سفينة تصيبها. وتلك كانت آلة المنجانيق التي ذاع استعمالها في العصور القديمة، واستخدمها العرب فيما بعد في دك الحصون والقلاع. وقيل إنه اخترع المرايا المحرقة التي استطاع بها إحراق الأسطول الروماني عن بعد. وهو قول فيه كثير من المبالغة التي تخرجه عن حد التصديق.



(شكل ٤) المنجانيق

وما وسع مارسيلوس القائد الروماني المهاجم إلا أن يعجب بعبقرية ذلك

المهندس السرقوسي العظيم الذي عاق الرومان عن الاستيلاء على المدينة زمناً طويلاً. فلما سقطت بعد كفاح طويل أمر جنوده ألا يمسوا أرشميدس بسوء ووافاه أحد الجنود وكان منكباً على حل مسألة هندسية عرضت له فشغل بها كدأبه عن كل ما عداها، وكان يخط بعصاه على الرمل أشكالاً. فلما سأله الجندي عن اسمه أومأ إليه أن ينتظر حتى ينتهي من حل المسألة الهندسية التي شغلته، وطلب إليه ألا يطمس بقدميه الأشكال والدوائر التي خطها فوق الثرى. فلم يفهم الجندي الروماني حديثه، وما كان منه إلا أن طعنه فأراده قتيلاً. ولما علم القائد الروماني مارسيلوس بقتله حزن حزناً شديداً، ورأى أن يكفر عن ذلك، فأكرم ذويه أبلغ إكرام.

ودفن أرشميدس في سرقوسة، ووضع على قبره أثر لتمجيد ذكراه. وهذا الأثر لوحة رسم فوقها أسطوانة تغلف كرة، فقد كان من كشوفه في علم الهندسة أن حجم الكرة التي تغلفها أسطوانة ارتفاعها يساوي قطر الكرة يعدل ثلثي حجم الأسطوانة. والحق أنه أثر رمزي جدير بأن يوضع على قبر رجل يعد من أكبر رجال العلم الرياضيين الفيزيقيين الذي ظهروا في الوجود. ولما زار الخطيب الروماني العظيم شيشرون بلدة سرقوسة بعد ذلك بمائة وأربعين سنة وجد قبر أرشميدس قد علته الحشائش والأشواك، فأخذ على أهل سرقوسة إهمالهم ذكرى أنبه رجالهم وأرسخهم قدماً في العلوم، وأبدى أسفه المقرون بالألم على أن وفاة هذا العبقري العظيم كانت على يد جندي روماني طائش سبب للعالم العلمي في ذلك الزمن فجيعة كبرى. والفضل ما شهدت به الأعداء.

الفصل الثاني

علماء الإسكندرية الأقدمون

لما تغلب الإسكندر الأكبر على الجيوش المصرية، ودان له وادي النيل، رأى أن يشيد مدينة كبيرة في مصر يتخذها قاعدة لملكه. فسار بسفنه في البحر الأبيض المتوسط في محاذاة الشاطئ المصري ماراً بمصبي النيل عند دمياط ورشيد، حتى وصل إلى مكان رآه أوفق الأمكنة وأنسبها لغرضه. وكان ذلك المكان يافعاً ضيقاً من الأرض يمتد على شاطئ البحر، ومن ورائه بحيرة عظيمة، ومن أمامه جزيرة صغيرة، فقال الإسكندر: "هنا تكون عاصمة ملكي، وليكن اسمها الإسكندر بعد اسمي". وأرسل على الفور إلى مهندسه المعماري دينوقراط، وسأله أن يختط المدينة الكبيرة الجديدة شوارعها وطرقها، وأن يضع رسوماً لدورها وقصورها. فأطاع الرجل مولاه، ووضع الرسوم اللازمة لذلك، ثم جيء له بالمال والرجال لكي ينهض بذلك المشروع العظيم. وخططت الشوارع مستقيمة واسعة، وحفرت القنوات لتصل البحيرة بالبحر وبالنيل، ومن ثم تيسر إيجاد مأوى تأوي إليه السفن إذا عصفت العواصف، وهبت الزعازع.

ثم وصلت الجزيرة بالمدينة بجسر يبلغ الميل طولاً، وبني فوق الجزيرة فنار يبلغ ارتفاعه أربعمائة قدم، وكان يشبه برجاً مستديراً. وأمر الإسكندر أن توقد فوقه باستمرار نار عظيمة ترشد السفن إلى الميناء بدخانها نهاراً وبلهبها ليلاً. وكان ذلك الفنار أول فنار بني حتى ذلك الوقت، ويقال إن ما صرف في بنائه بلغ حوالي ربع مليون من الجنيهات.

ومرت بعد ذلك على الإسكندرية خمسون سنة، أصبحت في غضونها مركزاً

مهماً للتجارة، ولا يخفى أن مصر بعد موت الإسكندر وقعت في حوزة قائده بطليموس الذي أسس دولة البطالمة في مصر. وكان ملوك هذه الدولة والحق يقال من ناصري العلم والفلسفة. وأسس بطليموس الثاني، وهو ثاني ملوك دولة البطالمة تلك، مكتبة الإسكندرية الشهيرة، فاحتفظ لعاصمة ملكه بمقام الصدارة في العلم والتعليم، وظلت محتفظة بمكانتها هذه أكثر من ستمائة سنة.

وسلمت من التلف والضياع مؤلفات الإغريق ومصنفاتهم، حيث وضعت في مكتبة الإسكندرية. وجاء بطليموس الثالث ملك مصر فجعل يرغم كل غريب يفد على الإسكندرية على أن يترك نسخة من كل كتاب يكون معه لكي تحفظ في دار الكتب. ثم ابتنى متحفاً كان بمثابة معهد يشبه كل الشبه الجامعات الحالية، فكان أول ما رأى العالم من الجامعات، ويعرف في التاريخ بمتحف الإسكندرية. وكان هذا المتحف يحتوي على مساكن للأساتذة، وعلى حجرات لإلقاء المحاضرات، وعلى مطعم واسع وغرف للتشريح كان يدرس فيها الطب، ومرصد فلكي مجهز بما عرفه أهل ذاك الزمان من الأدوات والآلات الفلكية، ومعمل للكيمياء قيل إن الملك أسسه على أمل أن يكشف له الكيماويون أكسير الحياة، لأنه ما كان يخشى إلا الموت. ونمت الجامعة وترعرعت وصارت كعبة يقصدها طلاب العلم والفلسفة من جميع الأنحاء. وكان إقليدس واضع علم الهندسة من بين هؤلاء، وكان منهم شعراء ونقدة ومؤرخون. وترجمت إلى الإغريقية كتب كثيرة جيء بها من جميع أنحاء العالم، ومن بين هذه الكتب التي ترجمت "العهد القديم" الذي يقال إن سبعين كاتباً استخدموا في نسخة.

أرسطرخوس Aristarchus

وكان أرسطرخوس (سنة ٢٧٠ قبل الميلاد)، أول فلكي إسكندري قدر المسافة بين الشمس والأرض بالنسبة لبعد الأرض عن القمر. فهو عرف أن

القمر كرة مستديرة، وأن أشكاله أو أوجهه التي تراها العين، إنما يحدثها ضوء الشمس الساقط عليه على جملة زوايا مختلفة، فراقبه وهلاله يكبر يوماً عن يوم حتى بلغ بالضبط نصف دائرة، وعين مقدار الزاوية التي أرسلها عين الراصد وأحد ضلعيها ينتهي بمركز القمر والآخر بمركز الشمس، فوجدها ٨٧° أي أقل من قائمة بثلاث درجات. ثم رسم على الورق مثلثاً قائم الزاوية وإحدى زاويتيه الأخريين ٨٧° ، فرأس هذه الزاوية تعين موضع الأرض، ورأس القائمة تعين موضع القمر، وتعين الثالثة موضع الشمس. وقاس أضلاع هذا المثلث فوجد أن الشمس تبعد عن الأرض قدر بعد القمر عنها ثمان عشرة أو تسع عشرة مرة. ولكنها في الحقيقة قدرها أربعمائة مرة. فإذا لاحظنا أنه لم يكن لدى الأقدمين آلات دقيقة، وأن من الصعب – إن لم يكن من المستحيل – أن نعرف بالضبط اللحظة التي يكون فيها القمر نصف دائرة، عذرنا أرسطوخوس في خطأ حسابه. على أن أرسطوخوس من جهة أخرى قد وجد أنه يمكن أن يحيط بالأفق الذي نراه سبعمائة وعشرين شمساً – وهذا قريب جداً من الحقيقة. ولكن رجال العلم يشيدون بذكر الرجل لطرائفه الحاذقة البديعة التي ابتكرها لإيجاد بعد الشمس وتعيين حجمها، ولأرصاده المضنية التي أجراها وإن تكن تقديراته غير سليمة.

إراتستين Eratosthenes

ومن الذين نبه ذكرهم بين فلكي الإسكندرية إراتستين خازن دار الكتب الذي توفى سنة ١٩٦ قبل الميلاد. كان أول من عين حجم الأرض إذ كان القول بكرويتها معمولاً به في عهده. وكان من عادته أن يسافر في النيل على سفن شراعية فلاحظ أنه كلما أوغل السير في أعالي النيل، ظهرت له في السماء نجوم جديدة ناحية الجنوب، واختفت بالتدريج النجوم الشمالية. فزاده هذا

اقتناعاً بأن الأرض كالقمر كرة مستديرة، ورأى بثاقب فكرة أنه إذا استطاع أن يمضي قدماً إلى ما بعد أعالي النيل متجهاً صوب الجنوب فإنه يدور حول الأرض عائداً إلى الإسكندرية قادماً إليها من الشمال. ولكن هل يلزم لكي نقيس محيط الأرض أن نسيح حولها؟ كلا بل يكفي قياس جزء من الدائرة لقياس الدائرة كلها. فإذا ما قاس شخص ارتفاع نجم جنوبي من نقطة ما ثم سار صوب الجنوب مسافة حتى بلغ نقطة أخرى وقاس منها ارتفاع النجم أمكنه بوسائل رياضية أن يعلم ما إذا كانت المسافة التي سارها خطاً مستقيماً أو قوساً في دائرة، واستطاع أن يوجد محيط هذه الدائرة بتعيين مقادير بعض الزوايا.

وفعلاً سار إراتستين من الإسكندرية حتى بلغ شلال أسوان، وقدر البعد بين الإسكندرية وأسوان بتقدير الزمن الذي تستغرقه قافلة في سفرها من الواحدة إلى الأخرى فوجدها حوالي ٨٤٠ كيلو متراً. ثم وجد أن الشمس عند منتصف النهار تكون في أسوان أعلى منها في الإسكندرية بمقدار ٧ درجات تقريباً، أي حوالي جزء من خمسين جزء من دائرة كاملة، فاستنتج الرجل أنه إذا واصل السير جنوباً مسافة تساوي المسافة التي قطعها خمسين مرة فإنه يكون قد دار حول الأرض دورة كاملة، وبذلك يكون قد قطع مسافة قدرها اثنان وأربعون ألف كيلو مترا. ولكن المحيط الحقيقي للأرض حوالي ثمانية وثلاثين ألف كيلو متر. وبذلك لا يكون هذا العالم الإسكندري قد ابتعد كثيراً عن الحقيقة، وكان في وسعه أن يصل إلى الجواب الصحيح لو أنه أدرك أن أسوان ليست في الواقع جنوبي الإسكندرية بالضبط، بل إنها تنحرف قليلاً نحو الشرق، فكان هذا الانحراف باعثاً على ازدياد طول المسافة التي سارها، فعلى ازدياد طول المحيط من ثم.

وكانت خاتمة هذا الفلكي الإسكندري محزنة، ففي آخر أيامه فقد بصره،

ففقد قوى الملاحظة، وقد أمضه هذا كثيراً فانتحر لأن الحياة بغير متابعة البحث والدرس أصبحت في اعتقاده غير مجدية والحال كذلك.

أبرخس Hipparchus

واشتهر من بعده في العصر الإسكندري العالم اليوناني أبرخس (١٩٠–١٢٥ قبل الميلاد) ويعد هذا الرجل أكبر علماء الفلك في التاريخ القديم، ولا يقل أثره في علم الفلك القديم عن أثر العالم نيوتن في علم الفلك الحديث. فهو أول من قال بالحركة المستديرة التي تكون الأرض فيها في الوسط والكواكب من حولها. وكان أول من كشف الظاهرة الفلكية المعروفة بمبادرة الاعتدالين والتي تنشأ عن تغير طفيف مستمر يطرأ على اتجاه محور الأرض، ولا يجعل من النجم القطبي الحالي نجماً يدل على القطب حقيقة. ويدل الحساب على أن النجم المسمى النسر الواقع، وهو أشد النجوم تلألؤاً في النصف الشمالي من القبة السماوية، سيكون نجمنا القطبي بعد ما يقرب من اثنتي عشرة ألف سنة.

على أن أقدم النجوم القطبية التي حدثنا التاريخ عنها هو نجم الثعبان، ومما لا شك فيه أن هذا النجم كان نجمنا القطبي أيام بنى الهرم الأكبر، فإن بهذا الهرم بهواً مائلاً يتجه إلى نقطة تحت القطب بمقدار ثلاث درجات واثنتين وأربعين ثانية، وإذن يلزمنا أن نبحث عن التاريخ الذي كان فيه نجم الثعبان هذا يبعد عن القطب بهذا القدر إن أردنا معرفة تاريخ بناء الهرم. ويدل الحساب على أنه كان أقرب ما يمكن إلى القطب الشمالي حوالي سنة ٢٨٠٠ قبل الميلاد. ومن الغريب أن البينات التاريخية تدل على أن الهرم الأكبر بني في تاريخ قريب من سنة ٢٨٠٠ فقد جاء في كتاب كمبردج في التاريخ القديم أن الهرم الأكبر بني حوالي سنة ٣١٠٠ قبل الميلاد، وبذلك يكون بناء الهرم قد تقدم بذلك التقدير عن التقدير الفلكي بثلاثة قرون.

بطليموس القلوذي Claudius Ptolemy

وظهر بطليموس القلوذي حوالي منتصف القرن الثاني بعد الميلاد، وألف كتابه "المجسطي" الذي ظل مرجعاً لعلماء الفلك حتى عصر النهضة. والفكرة الأساسية في هذا الكتاب أن الأرض كرة تدور حولها الأجرام السماوية، وأن أقرب الأجرام إليها القمر، يليه عطارد فالزهرة فالشمس فالمريخ فالمشتري فزحل فالنجوم الثوابت.

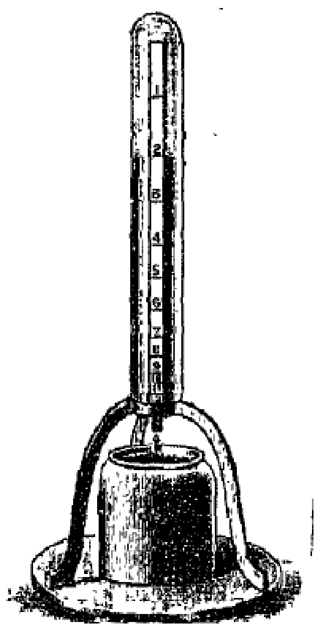
تسبيوس Ctesibius

ولم تتمخض الحركة العلمية في الإسكندرية عن الكشوف العلمية التي مر ذكرها فحسب بل كان من نتائجها بعض المخترعات التي لا يزال يستفيد منها العالم إلى وقتنا الحاضر. واشتهر في هذا المضمار العالم المخترع تسبيوس. ظهر قبل الميلاد بقرن ونيف، وله مخترعات عدة منها "السحارة" أو سارقة الماء التي تسمى الآن "السيفون" أو "المص" وهذه السحارة أنبوبة منثنية مفتوحة الطرفين يوضع أحد طرفيها في الماء ثم يمص الماء من الطرف الثاني إلى أن يصل إليه ويتدفق منه، فلا يزال يتدفق حتى ينكشف الطرف الذي في الماء. ويشترط أن يكون الطرف الذي يمص الماء منه أسفل من سطح الماء. ومن مخترعاته أيضاً المضخة الكابسة، ويقال إنه صنع مضخة للحريق كانت تتركب كالمعتاد من مضختين كابستين، ولكنها خلت من مستودع الهواء المضغوط، فلم يكن يندفع الماء باستمرار كما هو الحال في مضخة الحريق الحديثة. أما المضخة الماصة فقد كانت معروفة من قبل ولكن مخترعها غير معروف، وسيلي ذكر ذلك فيما بعد.

إيرون Heron

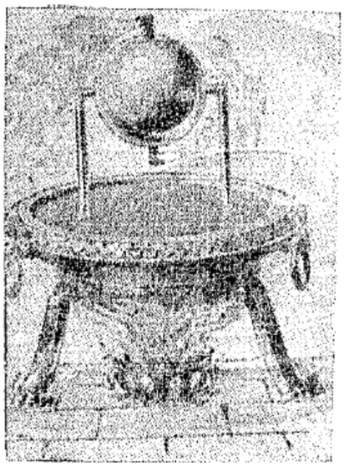
ومن أفذاذ العلماء الإسكندريين إيرون، وكان موظفاً في المكتبة، يحاضر في

الميكانيكا والبصريات والمساحة، وله عدة مخترعات كانت عجائب عصره. أدخل تعديلاً على الساعات المائية التي اخترعها البابليون بأن جعل نقط الماء تنساب خلال ثقب ضيق في حجر كريم شديد الصلابة حتى يعجز الماء عن توسيع الثقب، فلا تسرع الساعة. وكان الماء المتساقط يجمع في إناء به قارب صغير ذو سارية مدرجة، فإذا ما ارتفع الماء في الإناء ارتفع القارب بساريته المدرجة. وظهرت هذه الدرجات واحدة بعد أخرى فوق حافة الإناء. دالة على السعات. وعدا هذا فقد سلط القارب على عجلة فجعلها تدور، وعندما تدور تسقط بضع كرات صلبة في قدح فضي فيسمع لها صوت تدل دقاته على الساعة المطلوبة. أي أن تلك الساعة المائية صارت بعد تعديل إيرون ساعة دقاقة تدق كالساعات في أيامنا هذه.



(شكل ٥) الساعة المائية

ومن أشهر مخترعاته البارم البخاري وهو تلك الآلة البخارية التي تتألف من كرة جوفاء تدور حول قطرها وتخرج منها أنبوبتان عند نهايتي قطر آخر عمودي على محور الدوران، وانثنت كل منهما قبل نهايتها بزاوية قائمة في اتجاهين متضادين. فإذا ما وصل البخار إلى الكرة من خلال القائمين الرأسيين اللذين يحملانها اندفع من فوهتي الأنبوبتين مصطدماً بالهواء الخارجي ودارت الكرة في الاتجاه العكسي. وفي جهاز بخاري آخر له توضع كرة فوق أنبوبة رأسية مجوفة متصلة بمرجل فالكرة تعلو عند دفع البخار لها ثم تهبط لتسرب البخار ثم يتوالى ارتفاعها فانخفاضها مادام البخار موجوداً.



(شكل ٦) البارم البخاري

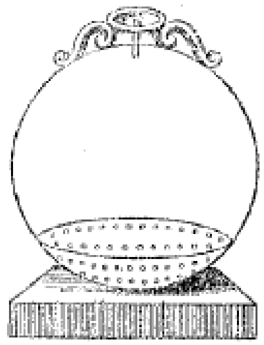


(شكل ٧) الكرة القافزة

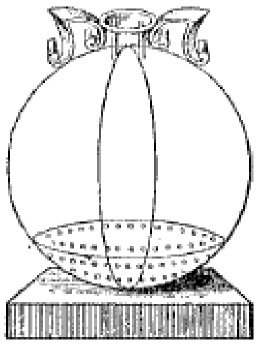
ووجد إيرون أنه إذا غمرت أنبوبة مفتوحة الطرفين في ماء، ثم سد طرفها العلوي بالإصبع ورفعت إلى أعلى فإن الماء لا ينسكب من الطلف الأسفل إلا إذا رفع الإصبع عن الفوهة العليا. وعلى أساس هذا الكشف صنع الوعاء المعروف باسم الكأس المسحورة، حيث يكتفي في ملئه بغمره في الماء، ثم تسد فتحته العليا بالإصبع، ثم يرفع إلى خارج الماء. ويخرج الماء من أسفله خلال

ثقوب صغيرة إذا ما رفع الإصبع.

وكان بعض الأواني التي من هذا الطراز يقسم قسمين بفاصل رأسي، ويملأ أحدهما بنفس الطريقة ماء ويملأ الآخر خمراً. وكان من عادة الإغريق أن يمزجوا الخمر بالماء، ويقدموا المزيج قرباناً لآلهتهم في المعابد.

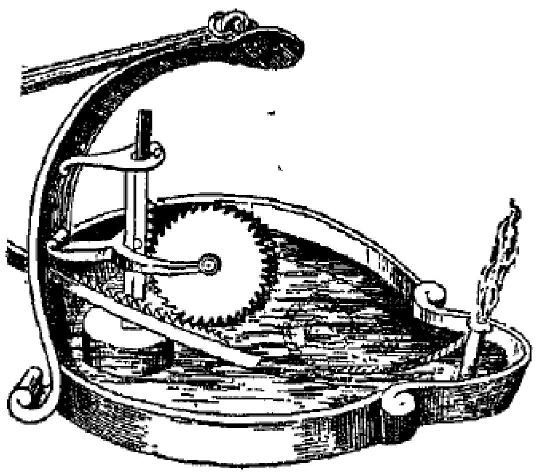


(شكل ٨) الكأس المسحورة



(شكل ٩) الكأس المسحورة المزدوجة

وصنع إيرون فتيلاً للمصابيح الزيتية التي كانت شائعة الاستعمال، فكان زيتها يشتعل عن طريق الفتيل في إناء مكشوف، وكان كلما احترق الزيت احترق الفتيل أيضاً، وتحتمت إذن تعليته. فاستطاع إيرون أن يجعل الزيت نفسه يرفع الفتيل، وذلك بأن صنع طوفاً خشبياً يسبح في الزيت، وينخفض بالتدريج كلما نضب الزيت فيدبر بانخفاضه عجلة مسننة. وإذا ما دارت العجلة حركت ساقاً خشبية مسننة أيضاً ربط الفتيل بنهايتها. وبذلك يرتفع الفتيل كلما استهلك الزيت ويظل المصباح موقداً باطراد حتى يجف الزيت تماماً.

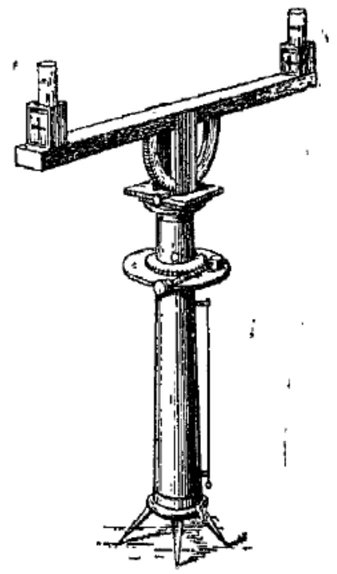


(شكل ١٠) مشكاة إيرون

أما أهم آلة أدخل فيها إيرون من الإصلاح ما جعلها أدق وأكثر ملاءمة فهي الآلة المعروفة بميزان التسوية، والتي لا يمكن أن يستغنى المساح عنها. ومصر تعتمد على فيضان النيل في زراعتها، لأن المطر فيها قليل. والمصريون معتادون من قديم الزمان أن يتحققوا من صحة توزيع الأرض على الزارع قبل الفيضان وبعده، لكي يسترد كل مالك أو زارع أجير أرضه. وقد كان المصريون ينصبون في ذلك السبيل كثيراً، لأنه كثيراً ما كان يذهب الفيضان بمعالم الأرض. ومسح الأرض فن قديم مارسه المصريون من قديم الزمان؛ بل إن علم الهندسة قد ولد دون شك في مصر لأنه كان ضرورياً ولازماً في تعيين مساحة الأرض ومعرفة حدودها.

وكان من أهم المسائل المتعلقة بمسح الأرض معرفة متى تكون نقطتان في منسوب واحد، وهذا ما يصلون إليه اليوم عن طريق ميزان تسوية لو كانت النقطتان متجاورتين، أو عن طريق آلة الثيودوليت إذا كانت النقطتان متباعدتين. ولا يخفى أن الثيودوليت لا تعمل إلا بمنظار (تلسكوب)، ولم يكن

الإسكندريون يعلمون شيئاً عن المنظار لأنه لم يكن قد اخترع بعد. ولكن إيرون استطاع أن يتلمس مخرجاً من هذا المأزق، فأنشأ صندوقاً طويلاً مملوءاً بالماء ومجهزاً عند كل من طرفيه بفتحتين على شكل صليب، وغلفت كل فتحة من الداخل بلوح من الزجاج. ووضعت عند كل فتحة أنبوبة زجاجية تعلو الصليب، فالأنبوبتان إذن متصلتان معاً ويكون ماؤهما في مستو واحد، وإذن يكون الصليبان في منسوب واحد، وإذن فكل جسم يرى خلال الصليبين يكون منسوبه كمنسوبهما، ويرجع بعض المؤرخين أن إيرون استعمل قضباناً تشبه كثيراً القضبان السوداء التي يستعملها المساحون اليوم في قياس الأبعاد والمناسيب.



(شكل ١١) ميزان التسوية لإيرون

واخترع إيرون عدا ذلك حجر الطاحون الميكانيكي، والآلة التي تدار بقوة الماء، وعداداً لقياس المسافة التي تقطعها سفينة أو عربة، وجهازاً من المرايا سماه منظاراً.

ولا يزال الكثير من كتب إيرون موجوداً إلى اليوم، وقد كتبت كلها بالإغريقية لأنها كانت اللغة المستعملة في الإسكندرية منذ تأسيسها. وعني إيرون في مؤلفاته بجعل براهينه واضحة لتلاميذه، إذا طالما ألح عليهم ألا يصدقوا شيئاً بدون برهان. قال: "من الضروري لكل من يرغب في معرفة فن الميكانيكا أن يعرف أسباب كل حركة. ومن المهم ألا يعرض على الطلبة شيء من غير برهان، وألا يترك إليهم أمر مشكوك فيه. وليكن لكل مسألة تقدم لهم حل مقبول. وبذلك تسترد القواعد التي كان يعرفها الأقدمون والتي لها علاقة بالموضوع الذي ندرسه".

* * *

لما بدأت الإمبراطورية الرومانية بدورها تتدهور انحططت النهضة العلمية مهددة أوروبا بمستقبل علمي مظلم، واندثرت مدرسة الإسكندرية وتهدمت وضاعت كتبها بين إتلاف وإحراق. وأدى ذلك إلى اقتصار المشتغلين بالعلم على فهم ما بقي من تصانيف السلف، قانعين بذلك وحده دون العمل على توسيع دائرة العلم. وعدا هذا فإنه لما ظهرت النصرانية انصرفت الأذهان إلى تطبيق الفلسفة على الدين، وأفضت المجادلات إلى ما تقضي إليه عادة من الاضطهاد فتم بذلك القضاء على الحركة العلمية. وظل الحال كذلك حتى القرون الوسطى، فغمرت الجهالة أوروبا في هذه العصور المظلمة، وظلت في غمرة الجهل هذه سادرة بضع مئات من السنين، انقرض خلالها الابتكار، ولم يبق إلا قليلون جداً أغرموا بالقراءة والاطلاع. وظل الحال كذلك إلا أن نهض العرب نهضتهم العلمية الكبرى، فبسطوا العلم من جديد ونشروه من قبره، مما سنفصله في الفصل التالي.

الفصل الثالث

فيزيقا العرب

إن العوامل التي اشتركت في بناء صرح المدنية الحديثة كثيرة، والعلم دون شك من أهم هذه العوامل. وطالب العلم حقيقة، والبحث عن الحقيقة كان، وما زال، ولا بد أن يظل أهم عوامل التمدين. وحقائق علم الفيزيقا قد ساهمت بأوفر قسط في هذا الصدد.

ولعلم الفيزيقا اليوم معنى لم يكن له في العصور القديمة، إذ لم تكن المعارف قد بلغت بعد المرحلة التي يصح أن يحدث فيها تخصص في الفروع فانطوت جميع البحوث الخاصة بالطبيعة وخفايا الكون تحت عنوان الفلسفة، لأن تخيلات الفلاسفة الأقدمين كانت بطبيعة الحال جامعة اشتملت على كل شيء. ونظراً إلى أن هذه التخيلات كانت نقطة ابتداء البحوث التي أدت إلى الفيزيقا الحديثة فإن مثل بحثنا الحالي لا يصح له بأيه حال أن يتجاهلها، وخصوصاً لأن جزءاً كبيراً من الفلسفة القديمة كان له أثر عظيم في تاريخ الحضارة التي بلغت الأمم ذروتها فيما بعد. ويكفي بصدد ما نبحث فيه الآن أن نقول إن غرض العلم هو الإحاطة بأمور الطبيعة كلها عن طريق أصغر عدد ممكن من الحقائق العامة. غير أن القدرة على التعميم تتضمن تناول الآراء التجريدية، أي الآراء التي ينحصر الذهن فيها، ويعتزل كل ما عداها. ولا حاجة بنا إلى القول إنه قد مر زمن لم يكن فيه التجريد في الآراء معروفاً.

لقد كانت الشجرة والكهف أول مساكن الإنسان، وكانت الغابة المحيطة به معمله، وكانت آلاته الأولى قاصرة على أظافرة وأطرافه أسنانه، أي على ما

أمدته به طبيعة خلقه وتكوينه. ومع ذلك فإن أولى خطاه في أولى مراحل التفكير جاءت من تجاريبه التي علمته أن لديه أسلحة أشد وأمتن غير هذه في الغصون المتكسرة من الأشجار المحيطة به، وفي الحجارة التي تحت قدميه. فكانت أولى خطى تقدمه من ثم حصوله على أسلحة أحسن وأحد وأقوى. وماذا كانت المرحلة التي تثبت هذه؟ كان قد آن إذ ذاك بلا نزاع الأوان الذي اتجهت فيه رغبة الإنسان إلى إيجاد شروح وتفسيرات لما يرى. ولقد كان حتماً عليه أن تبدو منه هذه الرغبة إذ كان مدفوعاً إليها بطبيعته الآدمية، بل إن هذه الرغبة بقيت في الإنسان إلى يومنا، ونحن نراها الآن وسنراها بعد الآن. وفوق هذا فقد كانت الحلول التي وصل إليها بسيطة ومدركة، إذ كان أساسها الخرافة والخوف مما صرنا نعرف الآن أنه ظواهر فيزيقية تحدث في مدى واسع كبير– كالرعد والبرق والعواصف والفيضانات والزلازل وما إلى ذلك. وهذا عدا اتجاه رغبة الإنسان الكامنة إلى اعتبار هذه الظواهر نتيجة أعمال مخلوقات قوية قادرة ولكنها خفية. وفي أساطير الأولين ما يدل على كثير. مثال ذلك ما ذهب إليه قدماء الإغريق في تعليمهم وجود زيت البترول من أن النار سرقها من يدعى تيتان بروميثيوس وجاء بها إلى الإنسان خلال عود أجوف. وقد عوقب لأجل جريمة السرقة تلك، فجيء به إلى بلاد القوقاز والأغلال في عنقه، ثم مزقت كبده فجرى منها سيل من سائل أسود هو البترول. ومثال ذلك تعطيل الجهلة في أيامنا الحاضرة الزلازل بأنها تنشأ من الثور الذي يحمل الأرض فوق أحد قرنيه حين ينقلها بينهما قصد الراحة.

ثم قويت قوة الملاحظة بالتدريج حتى انتظمت وتناسقت، ولم يصل الإنسان طفرة إلى البراهين العقلية، بل سبق ذلك الاستنتاج المبني على التجارب والمشاهدات. وظهر علم الفيزيقا أول ما ظهر في بلاد الإغريق في القرن

السادس قبل الميلاد، إذ كان العالم الفيلسوف الإغريقي طاليس الميليتي أول من استكشف في ذلك التاريخ الكهربائية والمغناطيسية. وتلاه العالم فيثاغورث الرياضي فبحث في علم الصوت، وجاء أرسطو فبحث في العناصر الأربعة وفي الحركة، ثم جاء أفلاطون وبحث في الحركة نحو مركز الأرض أي في التثاقل. وفي القرن الثالث قبل الميلاد ظهر العالم أرشميدس، وكان ممن نبغوا في العصر الإسكندري من الرياضيين والفيزيقيين كما مر بنا في الفصل الأول.

ولما تغلب الرومان على الإغريق أصبحت الإسكندرية، وهي دار الثقافة الإغريقية، ايالة رومانية، فكان لذلك أثره البليغ. فالفلسفة الإغريقية تأثرت بحكم الرومان وصارت شيئاً آخر. وشتان بين العلم في جو حر وبينه في جو تسلط فيه الأجنبي. ولذلك بدأت هذه الفلسفة تفقد روح الابتكار والإبداع، وبدأت تظهر فيها علامات الانحطاط. إزاء هذه الظروف كلها تأثرت مدرسة الإسكندرية الكبرى فتقهقرت وكادت تندثر لولا أن قيض الله لها من بين الرومان مركس أوريليوس أنطونيوس، وكان محباً للعلوم، فأحياها من جديد. وظهرت مدرسة الإسكندرية الثانية. وكان من علمائها الأفذاذ بطليموس القلوذي صاحب كتاب المجسطي في علم الفلك وصاحب البحوث في البصريات. ولقد مر بنا في الفصل الثاني ذكر علماء الإسكندرية الأقدمين.

ظهور الإسلام

ولما اندثرت مدرسة الإسكندرية هذه، وتم القضاء على الحركة العلمية في أوروبا، ظهر بصيص من الرجاء لإحياء العلوم والأخذ بناصرها من جديد. وقد بزغ هذا النور الجديد من مكان آخر لم يكن يخطر على بال أحد. لقد كان الإسلام هو النور الذي أخرج أوروبا من ظلمات الجهالة، وكان المسلمون أول من أضاء المشعل إذ ذاك منادين حي على الفلاح، حي على العلم والإصلاح.

ففي الجهة الشرقية من البحر الأحمر تقع بلاد العرب، بعضها صحراء شاسعة قاحلة تهب عليها ريح السموم الخانقة، وبعضها أرض خصبة صالحة للزرع، وبعضها يتصل بالمحيط الهندي وخليج العجم وهذا الجزء مأهول مزروع بالنخيل وأشجار البن. وكانت بلاد العرب هذه شعوباً وقبائل متنافرة قبل أن تنقطع من بينها الحروب. فعندما نهض سيدنا مُحَمَّد ﷺ سنة سبعين وخمسمائة ميلادية بأعباء الرسالة، داعياً إلى عبادة الله الواحد القهار بكل ما في وسع نبي مرسل من قوة وإيمان، نجح بعد محاولات كثيرة في أن يهدي لدين الله قبائل شبة جزيرة العرب كلها تقريباً. وتآلف العرب بعد ذلك وقويت وحدتهم، وظهرت قوميتهم، واستيقظوا بعد نومهم الطويل. ثم ظهرت نتائج هذه اليقظة بعد وفاة النبي ﷺ مباشرة سنة اثنتين وثلاثين وستمائة ميلادية. وواصل العرب فتوحاتهم يدفعهم بالأكثر فقر بلادهم المدقع، فدخلوا دمشق وأورشليم ومصر وشمالي إفريقية وحاصروا القسطنطينية، وامتدت فتوحاتهم حتى اشتملت على إسبانيا غرباً وبلاد العجم شرقاً، أي أن دولتهم امتدت من المحيط الأطلنطي إلى الهند.

ولما استتب الأمر لهم كان أول ما اتجهوا إليه أن أخذوا بناصر العلم في البلاد التي تركه في اليونان والرومان. فلم يمض على قيام الإسلام قرن واحد حتى بدئ بالنظر في الكتب اليونانية العلمية ونقلها إلى العربية، وزادت هذه النهضة نشاطاً في العصر العباسي كما هو معلوم. ولم تكن الحركة العلمية مقصورة على فئة أو طائفة دون أخرى، بل كانت عامة شملت المسلمين وغيرهم من الملل والنحل الخاضعة للإسلام. وكان الخلفاء في بغداد والقاهرة وقرطبة يميلون إلى مجالسة العلماء فكانوا يستدعونهم من كل بقاع الأرض.

ووفد على قرطبة من جميع الجهات طلاب الشعر والأدب والفلسفة والعلوم والشريعة والقانون حتى صارت مجمع العظماء في كل الشؤون ومقام

العلماء والمتعلمين.. وكان أهم ما اتجهت إليه أنظار علماء العرب الكيمياء والبصريات. ففي الكيمياء استكشفوا فلزات وأحماضاً جديدة، وعرفوا عمليات التقطير والترشيح والتبلور، ووقفوا على طرقة خلط الفلزات المختلفة لكي يصنعوا منها سبائك جديدة. ونبغوا في صناعة السيوف والمشامل وهي السيوف القصيرة المقوسة التي كان يخشاها عساكر النصارى. وسنرى بعد ما بلغوه في البصريات على يد الحسن بن الهيثم.

بحوثهم في الميكانيكا

وخطت العلوم الرياضية والفلكية خطوات واسعة في عصر التمدين الإسلامي، واشتملت بحوثهم الرياضية على بعض فروع علم الميكانيكا الحالي كمراكز الأثقال، ولهم في ذلك مؤلفات هي كتب "الحيل" يعني الميكانيكا. ومن أشهر ما كتب في هذا الصدد كتاب "الجامع بين العلم والعمل" لمؤلفه أبي العز إسماعيل الجزري، فهو يمثل ما بلغه علم الميكانيكا من الرقي في القرن الثالث عشر، وإن يكن هذا الكتاب إلى كتب الصناعة أقرب منه إلى كتب العلم النظري. ولأبي الريحاني البيروني كتاب "الآثار الباقية" وفيه شرح وتطبيق لبعض الظواهر المعروفة في علم الإيدروستاتيكا، مثل صعود مياه الفوارات والعيون إلى أعلى، وتجمع مياه الآبار بالرشح الجانبي، وموازاة سطوح هذه المياه لسطوح المياه القريبة منها، وكيفية فوران العيون وإمكان صعود مياهها إلى القلاع ورؤوس المغارات. والشرح هنا يكاد يشبه ما هو مذكور في كتب "الطبيعة" الأولية التي يدرسها طلبة المدارس في الوقت الحاضر. ومن كتبهم في الإيدروستاتيكا والميكانيكا "كتاب ميزان الحكمة" وهو الكتاب الذي كتب في القرن الحادي عشر ولا يعرف مؤلفه، وإن كان البعض ينسبه إلى الخازني والبعض ينسبه إلى الحسن بن الهيثم. وببحث هذا الكتاب في الضغط الجوي

فيكون مؤلفه قد سبق تورشيلي الإيطالي بخمسة قرون على الأقل في بحثه في الضغط الجوي. وعدا هذا فالكتاب يتضمن بحوثاً في مراكز الأثقال واتزان الميزان والقبان وفي جاذبية الأرض. ومن الغريب أن الكتاب قد ذكر العلاقة الصحيحة بين سرعة الجسم الساقط والبعد الذي يقطعه والزمن الذي يستغرقه، وهي تلك العلاقة التي تنص عليها الكتب الحديثة في صيغة قوانين ومعادلات منسوبة إلى غاليليو في القرن السابع عشر. وبهذا الكتاب جداول لكثافات الأجسام، ووصف لموازين مختلفة الأشكال، وذكر لمقياس الكثافة.

على أن العرب في بغداد ودمشق والقاهرة وقرطبة كانوا يعرفون قاعدة أرشميدس التي سبق لنا ذكرها في الفصل الأول، وهي "أن وزن الجسم في الماء أقل من وزنه في الهواء، وأن الفرق بين الوزنين يساوي وزن الماء الذي يزيغه منه، أي يساوي وزن الماء الذي يعدل حجمه حجم الجزء المنغمر". وكانوا أول من ابتدعوا فكرة "الوزن النوعي" قائلين إنه يمكن الحصول عليه بالنسبة لأي جسم بقسمة وزنه على وزن الماء المعادل له حجماً. وهذا التعريف مستعمل حتى الآن. بل إن العرب خطوا بعد ذلك خطوة أخرى نراها في كتاب "ميزان الحكمة" حيث قالوا إن الوزن الحقيقي للجسم لا يمكن أن يكون وزنه المقيس في الهواء، لأن الهواء كالماء يدفعه إلى أعلى فينقص من وزنه. وتلك المشاهدة كانت الأساس الذي انبنى عليه فيما بعد اختراع البارومتر ومفرغة الهواء مما سنتناوله بالشرح فيما سيجيئ من فصول الكتاب.

في علم الصوت

اشتغل العرب بعلم الصوت ولهم في الموسيقى تصانيف ضمنوها بحوثاً في منشأ الأصوات وكيفية انتقالها واختلاف بعضها عن الآخر وما إلى ذلك من موضوعات علم الصوت الحديث. وكانوا يعلمون أن منشأ الأصوات حركة

الأجسام المصوتة، وأن هذه الحركة تنتقل في الهواء على هيئة موجات كرية تضعف كلما اتسعت الكرة. وقد جاء في كتاب "البرهان في أسرار الميزان" للجلدكي: أن التموج الذي يحدث "ليس المراد منه حركة انتقالية من ماء أو هواء واحد بعينه بل هو أمر يحدث بصدم بعد صدم وسكون بعد سكون" وهذا هو المعبر عنه في كتب الصوت الحديثة بالتضاغط والتخلخل. ونجد في "رسائل إخوان الصفا وخلان الوفا" أنهم قسموا الأصوات إلى النوع، منها "الجهير" و"الخفيف" ومنها "الحاد" و"الغليظ". وهذا التقسيم يتفق والتقسيم الحديث من حيث التباين في الشدة والدرجة.

فالأصوات الكبيرة الشدة سميت "جهيرة" والعالية الدرجة سميت "حادة" وعزوا الأولى إلى ضخامة الأجسام المصوتة وكثرة تموج الهواء بسببها، ونسبوا تباين أصوات الحيوانات ذوات الرئة إلى تباين أطوال أعناقها وسعة حلاقيمها وتركيب حناجرها. أما أصوات الزنانير والجراد والصراصير فقد نسبوها إلى تحريك الأجنحة كما تحدث الأصوات عند تحريك أوتار الآلات الوترية من أمثال البيانو والعود والقانون والكمنجة، أما اختلاف أصواتها فيكون بحسب لطافة أعضائها وغلظها وطولها وقصرها. وأما عن اهتزاز الأوتار فقد قالوا إنها إذ تساوت في الطول والغلظ و"الحزق" أي التوتر، ثم نقرت كانت أصواتها متساوية، وإذا تساوت في الطول والحزق واختلفت في الغلظ كانت أصوات الغليظ منها أغلظ. وإذا كانت متساوية في الطول والغلظ مختلفة في الحزق، كانت أصوات المحزوقة حادة وأصوات المسترخية غليظة. وإن كانت متساوية في الطول والغلظ والحزق مختلفة في النقر، كان أشدها نقراً أشدها صوتاً. ونرى الجلدكي في كتابه "البرهان في أسرار الميزان" قد علل الصدى بأنه يحدث عن انعكاس الهواء المتموج من مصادمة عال كجبل أو حائط. وقال إنه يجوز ألا يقع

الشعور بالانعكاس لقرب المسافة فلا يحس بتفاوت زماني الصوت وعكسه.

وكل هذا يدل على أن العرب أحاطوا بالحقائق الأساسية في علم الصوت، وعلى أن كثيراً من المعلومات الحديثة التي يظن كثيرون منا أنها من مستحدثات الغرب وكشوفه كانت معروفة وشائعة لديهم.

في علم الحرارة

نهج العرب في بحوثهم الحرارية منهج فلاسفة الإغريق وعلى رأسهم أرسطو، فكانت بحوثهم سطحية. ثم تطرق إليها من الأوهام ما باعد بينها وبين العلم الصحيح الحديث. وخير من ألف منهم في الحرارة أبو علي بن سينا الشيخ الرئيس الملقب بأرسطو العرب، وهو العبقري الفذ الذي أنجبته الدولة الإسلامية العربية مع أنه فارسي لا عربي. تكلم عن البخار والتكاثف والتقطير، وعلل تكون السحب وحدوث الأمطار والثلوج والرياح والضباب بما يقرب كثيراً من التعليلات العلمية الحاضرة.

قال الأستاذ نظيف في كتابه "علم الطبيعة" ما يأتي:–

"عني من غير فريق الفلاسفة علماء الكيمياء ببعض الظواهر الأولية في الحرارة كالتصعيد والتقطير والبخر، ولكنهم لم يدرسوا بل اكتفوا بتطبيقها في مباحثهم الكيماوية. وعلم الحرارة الحديث أساسه فكرة درجة الحرارة وقياسها. ونظرية العناصر كان يصحبها القول بأن الحرارة توجب الحركة إلى أعلى، والبرودة توجب الحركة إلى أسفل. وهذا جعل بعض علماء العرب يرى أن صعود الجسم إلى أعلى يشتد بشدة حرارته، ويضعف بضعفها، ونزوله يشتد ويضعف بحسب حالة برودته، وهذا يتضمن إدراك الفكرة الجوهرية التي تتفق والنظرية الشائعة في تلك العصور، ويمكن على حسبها عمل جهاز يصلح

لقياس درجات الحرارة.."

والأيدرومتر هو مقياس الكثافة المذكور في كتاب "ميزان الحكمة".

في المغناطيسية والكهربائية

لم تكن للعرب في المغناطيسية بحوث تذكر، ولكنهم كانوا يعرفون أن المغناطيس يجذب إليه الحديد، وأنه يتجه وأحد طرفيه يشير نحو الشمال والآخر نحو الجنوب تقريباً. وكان هذا معروفاً من عهد طاليس الذي مر بنا ذكره، كما أنه كان معروفا أيضاً أن الكهرباء إذا دلك جذب زغب الريش وقطع الورق والقش الخفيف.

وكان العرب يستعملون الإبرة المغناطيسية لمعرفة الجهات، ففي الجزء الثاني من كتاب "مسالك الأبصار في ممالك الأمصار" لابن فضل الله العمري، وهو موسوعة عربية كبيرة ظهرت في عهد قلاوون سلطان مصر، ولم تصدر منها دار الكتب العربية إلا جزءاً واحداً فقط مع الأسف، مع أن هذه الموسوعة من أمهات الكتب، ويكفي للإشادة بذكرها أن نقول إنها كانت من أكبر ينبوع أخذ عنه القلقشندي كتابه "صبح الأعشى" نقول في الجزء الثاني منه في الفصل الثاني من الباب الثالث الخاص بالبحار تحت عنوان "في ذكر الرياح وصورة القنباص" نجد شرحاً مستيقظاً لوصف تركيب "القنباص" واستعماله، وكلمة "القنباص" هذه معربة عن لفظ **Compass** الفرنجي يعني البوصلة أو بيت الإبرة.

وقد ذكر بهاء الدين العاملي في كتابه "الكشكول" تجربة بسيطة في التمغطس منقولة عن نصير الدين الطوسي.

على أن العرب لم يسلموا من بعض الخرافات، فقد ذاعت لديهم بعض آراء وهمية عن وجود أنواع مختلفة من المغناطيس تجذب الفضة والذهب، مع أن

الثابت أن المغناطيسية لا تؤثر إلا في الحديد وبعض مواد أخرى ليس منها الذهب ولا الفضة. وأما في الكهربائية فأعمالهم فيها معدومة، والحق أن علمي الكهربائية والمغناطيسية لم توضع مبادئهما الأساسية، ولم تدرس ظواهرهما إلا بعد عصر النهضة. وسنتناول ذلك فيما سيجيء عند التحدث عن وليم جلبرت مبتكر علمي المغناطيسية والكهربائية.

لم يبق إلا علم الضوء، وللعرب فيه شأن كبير. وقد رأينا أن نفرد له فصلاً خاصاً يتناول أشهر عالم عربي اشتغل بالبحث فيه وهو الحسن بن الهيثم.

الفصل الرابع

الحسن بن الهيثم وعلم الضوء

كان من أفذاذ علماء الفيزيقا، ولكنه خص علم الضوء بجزء كبير من عنايته فبلغ فيه مبلغاً لم يصل إليه أحد من قبله. بل تدل بحوثه على أن معلوماته في الضوء في الموضوعات التي عالجها، وكذلك طرق معالجته لها، لا تختلف كثيراً عما هو معلوم ومتبع في الوقت الحاضر. وقد مر بنا في الفصل الماضي أن بعض المؤرخين يذهب إلى أن الحسن هذا هو واضع كتاب "ميزان الحكمة" فإذا صح ذلك فإن مكانته في علم الميكانيكا لم تكن بأقل منها في علم الضوء. جاء عنه في كتاب "إخبار العلماء بأخبار الحكماء" لمؤلفه الوزير جمال الدين أبي الحسن علي بن القاضي الأشرف يوسف القفطي ما يأتي: "الحسن بن الحسن بن الهيثم أبو علي المهندس البصري، نزيل مصر، صاحب التصانيف والتآليف المذكورة في علم الهندسة. كان عالماً بهذا الشأن، متفقاً له، متفنناً فيه، قيماً بغوامضه ومعانيه، مشاركاً في علوم الأوائل. أخذ الناس عنه واستفادوا منه. بلغ الحاكم صاحب مصر من العلويين، كان يميل إلى الحكمة، خبره وما هو من الإتقان لهذا الشأن فتاقت نفسه إلى رؤيته. ثم نقل له عنه أنه قال: لو كنت بمصر لعملت في نيلها عملاً يحصل به النفع في كل حالة من حالاته من زيادة ونقص، فقد بلغني أنه ينحدر من موضع عال، وهو في طرفي الإقليم المصري. فازداد الحاكم إليه شوقاً، وسير إليه جملة من مال، وأرغبه في الحضور. فسافر نحو مصر. ولما وصلها خرج الحاكم للقائه، والتقيا بقرية على باب القاهرة المعزية تعرف بالخندق، وأمر بإنزاله وإكرامه. وأقام ريثما استراح وطالبه بما وعد به من أمر

النيل، فسار ومعه جماعة من الصناع المتولين للعمارة بأيديهم ليستعين بهم على هندسته التي خطرت له. ولما سار إلى الإقليم ورأى آثار من تقدم من ساكنيه من الأمم الخالية، وهي على غاية من إحكام الصنعة وجودة الهندسة، وما اشتملت عليه من أشكال سماوية ومثالات هندسية وتصوير معجز، تحقق أن الذي يقصده ليس بممكن، فإن من تقدموه لم ليغرب عنهم علم ما علمه، ولو أمكن لفعلوا. فانكسرت همته، ووقف خاطره. ووصل إلى الموضع المعروف بالجنادل قبلي مدينة أسوان، وهو موضع مرتفع ينحدر منه ماء النيل فعاينه وباشره واختبره من جانبيه فوجد أمره لا يمشي على موافقة مراده، وتحقق الخطأ عما وعد به، وعاد خجلاً منخذلاً، واعتذر بما قبل الحاكم ظاهره ووافقه عليه. ثم إن الحاكم ولاه بعض الدواوين، فتولاها رهبة لا رغبة. وتحقق الغلط في الولاية، فإن الحاكم كان كثير الاستحالة مريقاً للدماء بغير سبب أو بأضعف سبب من خيال يتخيله. فأجال فكرته في أمر يتخلص به فلم يجد طريقاً إلى ذلك إلا إظهار الجنون والخبال. فاعتمد ذلك وشاع. فأحيط على موجوداته بيد الحاكم ونوابه، وجعل برسمه من يخدمه ويقوم بمصالحه. وقيد وترك في موضع من منزله. ولم يزل على ذلك إلى أن تحقق وفاة الحاكم، وبعد ذلك بيسير أظهر العقل وعاد إلى ما كان عليه. وخرج من داره، واستوطن قبة على باب الجامع الأزهر أحد جوامع القاهرة، وأقام بها متنسكاً متقنعاً. وأعيد ما له من تحت يد الحاكم، واشتغل بالتصنيف والنسخ والإفادة. وكان له خط قاعد في غاية الصحة. وذكر لي يوسف الناشئ الإسرائيلي الحكم نزيل حلب قال: سمعت أن ابن الهيثم كان ينسخ في مدة ثلاثة كتب في ضمن أشغاله، وهي إقليدس والمتوسطات والمجسطي ويستكملها في مدة السنة، فإذا شرع في نسخها جاءه من يعطيه فيها مائة وخمسين ديناراً مصرية. وصار ذلك كالرسم الذي لا يحتاج فيه إلى مواكسة ولا معاودة قول، فيجعلها مؤنته لسنته. ولم يزل على ذلك إلى

أن مات بالقاهرة في حدود سنة ثلاثين وأربعمائة أو بعدها بقليل والله أعلم: ورأيت بخطه جزءًا في الهندسة وقد كتبه في سنة اثنتين وثلاثين وأربعمائة، وهو عندي لله المنة."

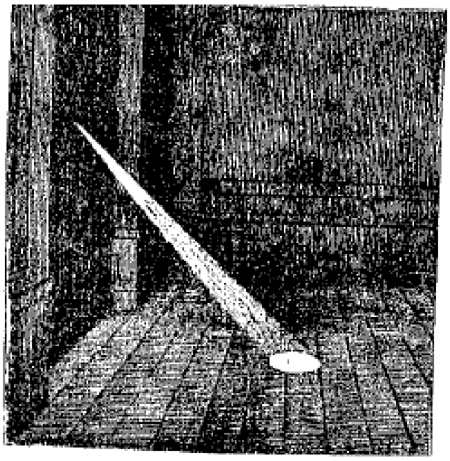
وبعد ذلك ذكر القفطي مصنفات ابن الهيثم وتبلغ نيفا وستين كتاباً، منها ما يبحث في علم الفلك ومنها ما يبحث في الرياضيات، ومنها ما يبحث في الضوء أو البصريات. ومن كتبه في الضوء "كتاب اختلاف المناظر" و"كتاب المرايا المحرقة" و"كتاب كيفية الإظلال" و"كتاب الهالة وقوس قزح".

وقد ذكرته دائرة المعارف البريطانية بما لا يخرج عن ذلك، وكذلك ذكره فلوريان كاجوري في كتابه "تاريخ الفيزيقا" وذكره العلامة جبسون في كتابه "أبطال العلم" والأستاذ نظيف في كتابه "علم الطبيعة" ويقول عنه الطبيب ماكس ما يرهق في كتاب "تراث الإسلام" الذي أخرجته مطبعة جامعة أكسفورد سنة **١٩٣١** ما يأتي: "إن مؤلفه الرئيسي كان في البصريات، وأصله العربي مفقود، ولكن توجد للكتاب الآن نسخة لاتينية" ويشتمل هذا الكتاب أيضاً على كثير من بدائع علم الهندسة، ومن ضمنها الحل الهندسي لكيفية إيجاد نقطة في مرآة مقعرة إذا سقط عليها شعاع من نقطة معلومة انعكس إلى نقطة أخرى معلومة. وعلى ذلك فكل ما سننقله من كلامه إنما هو مترجم عن الإنجليزية عن اللاتينية عن الأصل العربي الذي كتبه هو.

والحق أن ما خلفه ابن الهيثم في الضوء يشهد برقي هذا العلم في زمنه رقياً لم يبلغه في عصر التمدين الإسلامي. وقد كان ابن الهيثم يعتبر الضوء نوعاً من نار تنعكس عند حافة الأفق الكرية. وكتب بصدد قوانين انتشار الضوء ما يثبت أنه ينتشر في خطوط مستقيمة. قال: "إذا دخل ضوء الشمس أو ضوء القمر أو ضوء النار في حجرة مظلمة خلال ثقب ضيق، وكان هواء الحجرة

مملوءاً بدقائق الهباء، فإن الضوء الداخل من هذا الثقب يمكن رؤيته مختلطاً بالتراب (وفي هذا إشارة إلى أن الضوء نفسه لا يرى منفرداً) ويرى أيضاً على أرش الحجرة أو فوق الجدار المقابل وهو يسير خلال الثقب إلى الأرض أو إلى الجدار في خطوط مستقيمة. وذلك لأنك إذا وضعت عصا مستقيمة في محاذاة الضوء المنظور لرأيته ينتشر على طولها. ولكن إذا لم يوجد تراب بجو الحجرة وظهر الضوء فقط على أرضها أو على جدارها المقابل للثقب، ثم وضعت عصا بين الثقب والجزء المضيء، وأمددت بينهما خيطاً، أو جئت بجسم ووضعته بين الجزء المضيء وبين الثقب صار الضوء منظوراً، وظهرت هذه الأشياء كلها. وفي حالة تعريض الجسم الأخير المعتم يختفي الضوء من المكان الذي كان فيه ظاهراً. فإذا تحرك هذا الجسم جيئة وذهاباً في الفضاء المحدد بالعصا أو بالخيط استمر الضوء ظاهراً فوقه. وإذن فالضوء يسير في خطوط مستقيمة من الفتحة إلى الجزء الذي يكون فيه ظاهراً".

هذه العبارة مترجمة عن الإنجليزية عن الترجمة اللاتينية لكتاب "اختلاف المناظر"، وقد عثر الأستاذ عبد الحميد حمدي مرسي على مقالة لابن الهيثم "في الضوء" فعلق عليها تعليقاً قيماً، وقامت بطبعها ونشرها من جديد مع التعليق جمعية المعلمين. وقد جاء في هذه المقالة بهذا الخصوص ما يصح أن نثبته هنا بالحرف للموازنة بين التعبيرات الحديثة وتعبيرات ابن الهيثم. قال ابن الهيثم:



(شكل ١٢) الضوء ينتشر في خطوط مستقيمة

"هذا المعنى قد بيناه في كتابنا في المناظر بياناً مستقصى، ولكننا نذكر الآن منه طرفاً يقنع فيما نحن بسبيله فنقول: إن امتداد الضوء على سموت خطوط مستقيمة يظهر ظهوراً بيناً من الأضواء التي تدخل من ثقوب إلى البيوت المظلمة فإن ضوء الشمس وضوء القمر وضوء النار إذا دخل في ثقب مقتدر إلى بيت مظلم وكان في البيت غبار أو أثير في البيت غبار فإن الضوء الداخل من الثقب يظهر في الغبار الممازج للهواء ظهوراً بيناً، ويظهر على وجه الأرض أو على حائط البيت المقابل للثقب، ويوجد الضوء من الثقب إلى الأرض أو إلى الحائط المقابل للثقب على سموت مستقيمة. وإن اعتبر هذا الضوء الظاهر بعود مستقيم وجد الضوء ممتداً على استقامة العود، وإن لم يكن في البيت غبار وظهر الضوء على الأرض أو على الحائط المقابل للثقب، ثم جعل فيما بين الضوء والثقب جسم كثيف، ظهر الضوء على ذلك الجسم الكثيف وبطل من الموضع الذي كان يظهر فيه. ثم إن حرك الجسم الكثيف في المسافة الممتدة على استقامة العود وجد الضوء أبداً يظهر على الجسم الكثيف فيتبين من ذلك أن الضوء يمتد من الثقب إلى الموضع الذي يظهر فيه الضوء على سموت خطوط مستقيمة".

والضوء حقيقة يسير في خطوط مستقيمة ما دام يسير في الهواء أو في نفس المادة. فإذا اعترضت مرآة مسير الشعاع في حجرة مملوءة جوها بدقائق الهباء، ارتدت حزمة الضوء وسارت في اتجاه يخالف اتجاهها الأصلي. ولم تغب هذه الحقيقة على الحسن، بل أنه أجرى تجارب عدة في هذا الصدد وعين اتجاه الحزمة المنعكسة. وكان الرجل قد قرأ ما كتبه علماء الإغريق في البصريات، وعلم منه أن الحزمة المنعكسة تصنع مع المرآة زاوية تساوي الزاوية التي تصنعها معها الحزمة الأصلية. فأضاف إلى ذلك أمراً آخر غاية في الأهمية. فلقد وجد أنه إذا وضع سطح منبسط كسطح الورق المقوى مثلاً ملاقياً المرآة، وكان يمس الحزمة الأصلية الساقطة والحزمة المنعكسة، كان سطح الورقة عمودياً على سطح المرأة. وهذا هو القانون الثاني في الانعكاس، وهو مذكور في كتب الضوء الحديثة، وإنما بهذه الصيغة "إن الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمودي على السطح في مستو واحد". وهذا القانون الذي استكشفه ابن الهيثم لنا سبب رؤيتنا الأشجار منعكسة في صفحة ماء نهر أو غدير وهي مقلوبة الوضع في اتجاه عمودي إلى أسفل لا مائلة إلى اليمين ولا إلى اليسار يعني أننا إذا جئنا بسطح منبسط كبير وجعلناه في وضع رأسي على الماء فإن هذا السطح إذا مر بالشجرة فلا بد أن يمر أيضاً بصورتها المنعكسة في الماء.

ويعبر عن قلب الصور في كتب الضوء الحديثة بعكس الوضع الناشئ عن الانعكاس بمعنى أن يمين الجسم يكون شمال الصورة، وشماله يكون يمينها. ونرى هذا واضحاً إذا وقف أحدنا أمام مرآة وحرك ذراعه اليمنى فإن الذراع اليسرى للصورة هي التي تتحرك. ويحضرني بهذه المناسبة شعر رقيق في الشكوى للشاعر المتواري الأديب المرحوم الأستاذ مُحَّد فخري الذي توفي في يوليه سنة ١٩٣٩ ضمنه هذا المعنى العلمي قال:

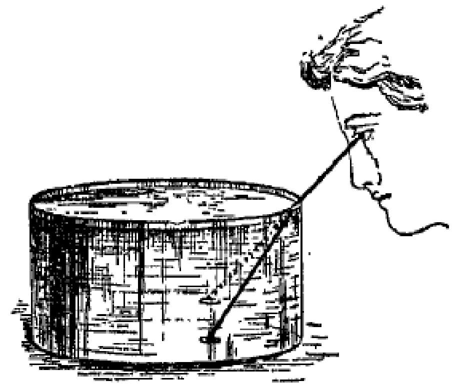
كأنك مرآتي تصفحت وجهها فخلت بها زور الخيال يقيناً

رأيت أخي طولا وعرضاً وقامة ووجهاً ومثلي شقوة وشجوناً

مددت يدي أبغي السلام تودداً فمد شمالاً إذ مددت يميناً

فأيقنت أني قد خدعت وطالما وفيت فهل لي أن أكون أميناً؟

وقد فسر الحسن هذه الصور الخيالية أو التقديرية كما تسمى الآن بأن العين دائماً ترى الأشياء حسب اتجاه دخول الحزمة الضوئية فيها. وأثبت ضلال الرؤية بمثل توضيحي آخر. ذلك أنك إذا رميت بقطعة من النقود في قعر وعاء، ثم ابتعدت عن الوعاء متقهقراً وأنت مصوب بصرك إلى القطعة فيه حتى تحجبها حافته فإنها تختفي بطبيعة الحال عن ناظريك. ولكن إذا صب أحد الماء بعد ذلك في الوعاء ظهرت قطعة النقود ثانية وأمكنك أن تراها وأنت في المكان الذي احتجبت فيه عن ناظريك، وذلك لأنها تكون قد ارتفعت ظاهرياً مع أنها في الحقيقة بقيت ملاصقة قعر الإناء.



(شكل ١٣) انكسار الضوء وظهور الجسم المغمور في الماء

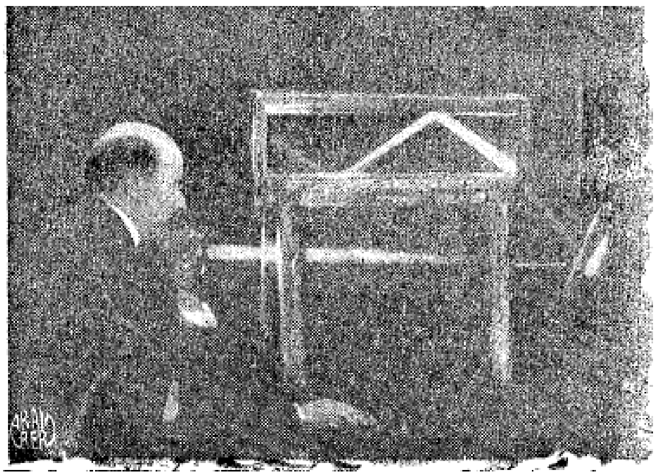
ويقول الحسن إن هذه حالة أخرى لضلال الرؤية سببه انعطاف الحزمة الضوئية، وتلك هي ظاهرة الانكسار، وقد أثبت هذا الانعطاف بتجربة أخرى

ظاهرية جلية. وذلك أنه جاء بإناء زجاجي واسع، ثم ملأه ماءاً مخلوطاً ببضع قطرات من اللبن، وحمله بعدئذ إلى حجرة مظلمة ينبثق فيها الضوء من ثقب في الجدار على شكل حزمة ضوئية. وقد وجد أنه لما اعترض الإناء بمائة حزمة الضوء بدت الحزمة وكأنها انكسرت عند سطح الماء فانعطفت مائلة نحو أرض الحجرة. ولا يخفى أن الضوء ظهر في الهواء عن ريق ما به من تراب، وفي الماء عن طريق ما به من لبن. وقد أثبت الحسن أن الحزمة تحت الماء تمثل على سطحه بزاوية أكبر من زاوية ميل الحزمة الأصلية، ولكنه لم ينجح في إيجاد العلاقة بين الزاويتين ولم تستكشف هذه العلاقة إلا بعد ذلك بعدة قرون، وهي المشهورة في كتب الضوء الحديثة بالقانون الثاني في الانكسار.

وكان الحسن مغرماً ببحث أنواع الخدع البصرية كلها. ومن بين هذه الخدع واحدة نراها كلنا كل يوم، ويظنها معظمنا حقيقة وهي عين الضلال. فالشمس والقمر يبدوان أكبر عند الشروق أو الغروب منهما عندما يكونان مرتفعين في كبد السماء. فأثبت الحسن أن الحجم الظاهر في الحالتين واحد في الحقيقة، وذلك بتجربة بسيطة جداً يستطيعها كل واحد منا، هي أنه أخذ قطعة من النقود وبسط ذراعه بها معرضاً إياها للقمر عند شروقه حتى غطته بأجمعه، ثم لما ارتفع القمر وضع القطعة بينه وبين عينه وعلى نفس البعد منها، فوجد أنها غطته بأكمله. وهذا من الوجهة الهندسية يثبت أن حجمي القمر في الموضعين متساويان. ولكنه إذا كان وهو يجري تجربته والقمر مرتفع في السماء يرى صورة له تعكسها مرآة بعيدة تجعله يبدو كأنه في بدء إشراقة على الأفق. وقد علل ذلك بأن الإنسان "يحكم على كبر المرئي أو صغره بالرجوع إلى شيئين أحدهما الزاوية التي يبصر منها المبصر، وثانيهما بعده أو قربه من العين. فإذا ظهر جسمان أحدهما بقرب الآخر، وتوهم الإنسان أو علم يقيناً أن أحدهما أبعد

تراءى له هذا أكبر" وقد ذكر الأستاذ نظيف ذلك بنصه في كتابه "علم الطبيعة" وأردفه "بأن لا يزال مقبولاً إلى وقتنا الحاضر". ويقول الحسن أيضاً إن سبب هذا الخطأ يرجع إلى أننا اعتدنا الحكم على الأشياء دائماً بمقارنتها بما هو موجود على سطح الأرض.

وقد بحث الحسن في تغير مواضع الأجرام السماوية بسبب انعطاف الضوء رويداً رويداً في طبقات الهواء المختلفة الكثافة، فتبدو أقرب إلى السمت من مواضعها الحقيقية. وأشار إلى ما ينشأ عن ذلك من خطأ الأرصاد وإلى وجوب تصحيح الخطأ. وبين أن الأجرام السماوية تظهر على الأفق عند شروقها قبل أن تصل إليه فعلاً، وتبقى كذلك ظاهرة عند الغروب بعد احتجابها فعلاً تحت الأفق، فينشأ عن ذلك في حالة الشمس امتداد النهار من طرفيه. وقد قرأت مقالاً طريفاً في هذا الصدد للأستاذ الدكتور مشرفة بك عميد كلية العلوم نشرته له مجلة الرسالة تحت عنوان "نور الشمس في منتصف الليل". وتلك هي ظاهرة الانعكاس الكلي، والسراب أحد مظاهرها.



(شكل ١٥) الانعكاس الكلي

وكان الحسن أول من خطأ نظرية إقليدس وغيره في أن شعاع الضوء ينبعث من العين ويقع على المرئي، وقرر عكس ذلك أي أن شعاع الضوء يخرج من المرئي ويقع على العين. وتقدم الحسن كثيرين غيره ممن كتبوا في موضوع تركيب العين، معتبراً عدستها في مركز الحدقة كلها، وعزا حدوث الرؤية إلى ما نسميه الآن "شبكية العين" وقال بأن حاسة الأبصار سببها التأثير الحاصل في المخ بالعصب البصري. وعلل رؤية الشيء واحداً على الرغم من النظر إليه بالعينين بوقوع الصورتين على جزئين متماثلين من شبكية العين، وهذا هو نفس ما تذهب إليه الكتب الحديثة، ولعله كان أساس جهاز الأستريوسكوب المذكور فيها.

وقد سبق أن قلنا إن كتب الحسن كلها ترجمت إلى اللاتينية وإن ناقلها إليها مجهول، فكانت هذه الترجمة اللاتينية أساس درس مفصل أجراه العالم البولندي فتلو **Wetelo** سنة ١٢٦٠ ميلادية ثم دونه. فتأثر بكتابته كثيراً العالم الشهير الذي وليه وهو روجر بيكون أحد أئمة علماء الفيزيقا. وما كان كتاب نتلو في الحقيقة إلا نسخة منفتحة لجميع بحوث الحسن في علم الضوء.

انتقال العلوم إلى أوروبا المسيحية

من حسن حظ أوروبا أنها لم تعد رجالاً من بنيها شغفوا بالعلوم العربية الجديدة إذ ذاك، فبدأت تتسرب إليها بالتدريج هذه العلوم إذ ظهرت فيها كمصنفات رجال من أمثال سبتاي بن ابراهام اليهودي المعروف باسم دونلو الأوترانتوي، وكان يمارس صناعة الطب في بلدة روسانو من أعمال إيطاليا الجنوبية. أسره العرب في النصف الأول من القرن العاشر وأخذوه معهم إلى بغداد فتعلم العربية هناك، وتمكن من دراسة العلوم الحديثة إذ ذاك، فاستطاع بعد عودته من الأسر أن ينقلها إلى الغرب. كذلك كان قسطنطين الإفريقي

مثلاً آخر من هذا الطراز، فقد كان من قرطاجة، وكان يتكلم العربية بالطبع ويجيدها قراءة وكتابة. وصل إيطاليا حوالي سنة ١٠٦٠ ميلادية، وهناك انضم إلى طغمة الرهبان في مونتكاسينو وتطوع من تلقاء نفسه لترجمة مصنفات العرب في الطب والعلوم إلى اللاتينية، ويقال إن ترجمته كانت ركيكة. وظهر في القرن العاشر الراهب جربرت الذي صار فيما بعد البابا سلفستر الثاني. قضى بضع سنين في برشلونة فتعلم العربية وأجادها، ثم مضى يدرس كتب العرب العلمية. وعاد بعدئذ إلى إيطاليا فاستطاع أن ينقل إلى الغرب ثمار مجهوداته مما وقف عليه من علوم العرب.

فهؤلاء وأمثالهم ساعدوا على نقل العلوم ببطء إلى أوروبا فأوجدوا فيها بدء نهضة علمية جديدة. ولكن ماذا كانت طبيعة هذه النهضة العلمية التي بدأت تظهر في أوروبا؟ إن المصادر الأصلية كانت كتب الإغريق، وهذه ترجمت إلى العربية، ومن العربية ترجمت إلى اللاتينية. وكانت طليطلة في إسبانيا أشهر مركز لذلك، لأنها ظلت مسيحية تقريباً نظراً لبعدها شمالاً عن قرطبة. فلا عجب إذن أن التوت بعض التراجم عن الأصل الإغريقي بالنظر لكثرتها. وعلى كل حال عادت إلى أوروبا من جديد تعاليم أرسطو وأفلاطون وبطليموس وغيرهم، وانقضى هذا العصر المظلم في تاريخ أوروبا العلمي، وظهرت تباشير عصر علمي جديد. وبدأت الجامعات ومعاهد العلم تظهر في دول أوروبا المختلفة. وما وافى القرن الثالث عشر الميلادي حتى كانت علوم العرب كلها قد انتقلت إلى أوروبا الغربية. ومع هذا الاهتمام بالعلوم فقد كان ثمت نقص يعيبها، ذلك هو كما قلنا التواء الترجمة في الكتب المنقولة التي طغت على الجامعات ودور العلم. فرأوا أن خير وسيلة تصل بهم إلى علم القدماء وحكمتهم أن يدرسوا اللغة الإغريقية. وكان أول من نادى بذلك طغمة الفرنسسكان. وكان أشهر

هؤلاء روجر بيكون الإنجليزي، وقد مر بنا أنه اعتمد على مصنفات الحسن بن الهيثم. على أنه لما اشتغل روجر هذا بالكيمياء، وقال إن الهواء مكون من غازات مختلفة رمي بالسحر وبأنه على اتصال بالشيطان، فاضطهد وسجن ولبث في السجن سنين.

وعني كثيرون غير هذا بالعلوم الطبيعية، والفيزيقا من بينها، ولكنهم لم يحدثوا جديداً يذكر، بل إنهم من الوجهة العلمية لم يبلغوا شأن علماء العرب المعاصرين لهم أو الذين كانوا قبلهم، ومع هذا فقد تهجموا عليهم بأن أغفلوا ذكر المصادر التي نقلوا عنها، وزادوا على ذلك أنهم نسبوا لأنفسهم كثيراً من تصانيف العرب، وما كان هذا من الأمانة العلمية في شيء.

الفلسفة الدينية وبدء عصر النهضة

وعلى الرغم من أن علوم العرب بدأت تنتشر عند الغربيين في القرون الوسطى فإن جمهرة الأوروبيين من المفكرين كانوا في شاغل عنها ببحوثهم الدينية أو اللاهوتية، ولكن سرعان ما ارتقت الفلسفة عندهم بعد اطلاعهم على تراجم كتب ابن سينا وابن باجة وابن رشد في الفلسفة وتعليقاتهم على أرسطو. غير أن سلطان رجال الدين كان نافذاً على العقول، فاتجه البحاث في الفلسفة إلى تطبيقها على الدين، وفي هذا من الخلط والنقص ما فيه. وخير ما أذكره بهذا الصدد كلام المقدسي المذكور في كتاب القفطي قال:—

"الشريعة طب المرضى، والفلسفة طب الأصحاء. والأنبياء يطبون المرضى حتى لا يتزايد مرضهم، وحتى يزول المرض بالعافية فقط. وأما الفلاسفة فإنهم يحفظون الصحة على أصحابها حتى لا يعتريهم مرض أصلاً. وبين مدبر المريض وبين مدبر الصحيح فرق ظاهر وأمر مكشوف، لأن غاية تدبير المريض أن ينتقل به إلى الصحة. هذا إذا كان الدواء ناجعاً والطبع قابلاً والطبيب ناصحاً.

وغاية تدبير الصحيح أن يحفظ الصحة، وإذا حفظ الصحة فقد أفاده كسب الفضائل وفرغه لها وعرضه لاقتنائها. وصاحب هذه الحال فائز بالسعادة العظمى، وقد صار مستحقاً للحياة الإلهية. والحياة الإلهية هي الخلود والديمومة. وإن كسب من يبرأ من المرض بطب صاحبه الفضائل أيضاً فليست تلك الفضائل من جنس هذه الفضائل، لأن إحداهما تقليدية والأخرى برهانية، وهذه مظنونة، وهذه مستيقنة؛ وهذه روحانية، وهذه جسمية؛ وهذه دهرية، وهذه زمانية".

وهذا الكلام نوع من الفلسفة أيضاً ومنه يتضح ان تطبيق الفلسفة على الدين خلط في الأوضاع، لأن الفلسفة في الأصل لم توضع لتلك الغاية. "ولم تكن العقائد المنتشرة وقتئذ تقبل البحث والتحليل الفلسفي وتقوى عليهما، فقصرت الفلسفة في أيديهم عن الغاية التي يريدونها".

وفي هذه الظروف وقعت في العالم أحداث حررت العقل الإنساني من كل ما يحيط به من قيود، كقيام حركة الإصلاح الديني وظهور الطباعة، فبدأت نظم القرون الوسطى تتغير، واتسع المجال أمام العقل بعد رحلات كولمبس وماجلان وغيرهما من الرواد، وتنبه المفكرون إلى أن رجال الكنيسة يسرفون في تمسكهم بآرائهم العتيقة البالية، وتبينوا عقم أساليبهم في البحث والجدل العلميين، فشقوا عصا الطاعة على الفلسفة الدينية والفلسفة اليونانية أيضاً، ودعوا إلى البحث بطريقة أخرى مبنية على مجرد التجربة والاختبار. وسنرى مثلاً لذلك فيما سيجيئ من فصول هذا الكتاب.

فلما هوجمت الفلسفة هذه المهاجمة العنيفة انتعشت العلوم الطبيعية انتعاشاً عظيماً كان لها بمثابة نشأة جديدة، وأخذ علم الفيزيقا يتسع نتيجة لكل ما مضى من الاعتبارات. ولما اتجهت الآراء العلمية هذه الوجهة المغايرة ظهرت

تترى تلك الكشوف العلمية البارعة، التي هي قوام على الفيزيقا الحديث، على أيدي كل من كوبرنيق وكبلر وغاليليو ونيوتن وغيرهم. وظلت آراء نيوتن ونظرياته سائدة إلى أن ظهر علماء المدرسة الحديثة، وفي مقدمتهم كبيرهم العلامة أينشتاين، فقبلوا بنظرياتهم كثيراً من الأوضاع والقواعد المتعارفة، وبلغوا ما لم يكن يحلم به الإغريق ولا الرومان ولا العرب. وكان من نتيجة تقدم البحث في المادة وما وراء المادة في الوقت الحاضر أن تلاقي على الفيزيقا بالعلم الروحي الحديث، واستطاع العلماء مخاطبة الأرواح بالصوت المباشر، وتحديد عالم الروح في خريطة الكون. وأصبح العلم الروحي يدرس الآن في جامعة البرازيل وفينزويلا من جمهوريات أمريكا، والمنتظر أن يتقرر تدريسه في جميع الجامعات العالمية في المستقبل القريب.

* * *

وإلى هنا أقف حديثي عن فيزيقا العرب مكتفياً بما قدمت، لافتاً النظر إلى أني تركت ما لا يفيد ذكره في فصل هذا الحديث، لأن البحث فيه يستلزم الدخول في تفصيلات معقدة. وأخال قرائي يشاركونني الحسرة على اندثار هذا الصرح الشرقي العربي الصميم. على أن فيما نراه الآن من نهضة الأمم الشرقية العربية– ومصر في الطليعة– ما يبشر بمستقبل مزهر إن شاء الله.

الفصل الخامس

وليم جلبرت .. واضع أساس علمي الكهربائية والمغناطيسية

كان الأقدمون إذا فاجأهم أمر يختص بقوى الطبيعة فحيرهم يلجئون إلى الكتب التي تركها أسلافهم يستوحونها حل المشكل القائم. أي أنهم بدلاً من اللجوء إلى التجربة والاختبار كانوا يهرعون إلى الكتب يقرأون ما كتبه الحكماء في القديم عن مثل ما يعترضهم من الموضوعات، وكانوا يعتقدون أنهم غير قادرين على بز أئمتهم ومعلميهم السابقين في العلم والحكمة، مقتنعين تماماً بأن ما كان يجهله هؤلاء الأئمة القدماء لا يصح، بل لا يستحق، أن يعرفه أحد فكانت هذه العقيدة سبباً في بطء تقدم العلوم في أوروبا في القرون الوسطى. وظل هذا الركود من القرن السادس تقريباً إلى القرن الخامس عشر. ولكن لما استكشف كولمبس برحلته العظيمة دنيا جديدة كان يجهلها أولئك الأئمة الأقدمون تحطمت قيود التقاليد العتيقة تلك، وبدأ يظهر عهد جديد هو عهد التجريب والاختبار كما قلنا في الفصل السابق.



(شكل ١٦) وليم جلبرت

وكان الدكتور وليم جلبرت أحد أئمة هذا العهد الجديد. ولد في كلشستر (في اسكس) سنة ١٥٤٠، وكان أبوه مسجل تلك المدينة. تلقى العلم في كمبردج وأتم دراسة الطب وهو في التاسعة والعشرين من عمره. وعين طبيباً خاصاً للملكة اليزابيث، واختير سنة ١٦٠٠ عميداً لكلية الطب الملكية.

وضع أساس علمي الكهربائية والمغناطيسية، فجمع كل ما كان معروفاً عنهما إذ ذاك، وأضاف إليه التجارب الجديدة القيمة التي أجراها في هذا الصدد والنتائج التي وصل إليها، وذكر ذلك كله في كتاب كبير نشره في لندن وسماه "في المغناطيس والمغناطيسية والمغناطيس الأكبر الذي هو الأرض" فكان هذا الكتاب أول كتاب علمي قيم خطة يراع انجليزي وقد حمل في غير موضع من كتابه هذا على فلاسفة القرون الوسطى الذين يتقيدون بأقوال السلف دون

بحث وتنقيب. وضمن مقدمته قواعد جديدة للاسترشاد بها في البحث العلمي حاضراً ومستقبلاً قال:–

"في كشف الأسرار وفحص خبيئ الأشياء وخفي الأمور، يجب أن تكون البراهين مبنية على التجارب الصادقة لا على ما يرجحه العلماء والفلاسفة من الآراء والعقائد الظنية. وعلى ذلك فلكي نفهم جيداً تلك المادة النبيلة، مادة ذلك المغناطيس العظيم الذي لا يزال مجهولاً وأقصد به الأرض، وتلك القوى العظيمة الكائنة في دنيانا هذه سأبدأ أولاً بفحص القضبان المغناطيسية، وتلك الأجزاء الأرضية القريبة التي في متناول أيدينا وحواسنا، وبعد ذلك أبدأ في عرض تجاربي المغناطيسية الجديدة، فأصل من ثم لأول مرة إلى أعمق أجزاء الأرض".

"إنني بعد أن رأيت وفحصت كثيراً من الأشياء التي جئت بها من أعالي الجبال ومن أعماق البحار، أو من الكهوف الغائرة والمناجم العميقة، بذلت جهداً كبيراً في بحث القوى المغناطيسية التي تفوق في غرابتها كل ما يحيط بنا من الأشياء الأخرى. ولم يذهب عبثاً ذلك النصب الذي لاقيت حيث أنتج وأثمر، لأن خواص جديدة لم تكن متوقعة صارت تنضج وتبدو يومياً للعيان خلال تدريبي. وزادت معلوماتي عن طريق المشاهدة الفعلية هذه حتى خلت أني مستطيع استكشاف الأجزاء الداخلية في أرضنا، قادر على وصف مادتها بناء على القواعد المغناطيسية، كاشف لبني آدم أمهم الأرض، مظهر لهم خفاياها بتجارب واقعية تدركها عقولنا ومشاعرنا.

"وكما أن علم الهندسة يبدأ بالقواعد الصغيرة جداً البسيطة جداً ثم يتدرج منها إلى القواعد الكبيرة الصعبة جداً، كذلك يبدأ علم المغناطيسية بالأشياء البسيطة ثم يستنبط منها ما هو أعظم، وإذا بنا في النهاية نرى خفايا أرضنا، وقد

تكشفت أمامنا، ونفهم المسببات التي خفيت أسبابها واستعصت بسبب جهل المتقدمين أو إهمال المتأخرين".

ومضى جلبرت يتساءل لماذا هو يعرض نفسه لهجمات أولئك الذين يسمون أنفسهم علماء وما هم بعلماء، ويقف بالمرصاد لنقدهم وهم لا يعرفون من الحقائق شيئاً، فقال:-

"فلماذا أضيف إلى مثل هذا الخضم من الكتب التي أضنت العقول والأفهام، والتي سكر بها العالم ولهج بذكرها الناس دون وعي- تلك الكتب التي كتبها قوم يجهرون بأنهم فلاسفة وأطباء ورياضيون ومنجمون، ثم هم يهملون أهل العلم ويحتقرونهم- أقول لماذا أضيف شيئاً إلى مجموعة الكتب المضطربة هذه، وأعرض هذا العلم النبيل الطريف الذي قد لا يصدقه أهل العنت، إلى أن يمزقه شر ممزق أولئك المتعنتون البلهاء الذين يتشبثون بآراء غيرهم ويتشيعون لها بالحق وبالباطل. فإليكم أنتم وحدكم يا رجال العلم النبلاء الصادقين، يا من تبحثون عن العلم لا في الكتب فقط بل في صميم الأشياء والحقائق، أقدم هذه القواعد المغناطيسية، وهذا النوع الجديد من الفلسفة أو العلم. فإذا كان منكم نفر لا يوافقون على آرائي فإني ألفت نظرهم إلى التجارب التي أجريتها والكشوف التي وصلت إليها بعد كثير من النصب والسهر والمال، وليسعدوا بهذه التجارب والكشوف، وليستخدموها أحسن مما استخدمتها إن استطاعوا إلى ذلك سبيلاً".

على أن ملاحظات جلبرت بخصوص الطريقة السليمة الواجب اتباعها في إجراء التجارب، وشرحه الواضح لها والعناية التي يجب تناول أعمال الغير بها لا تزال كما هي حقة صادقة واجبة الاتباع في أيامنا الحاضرة. قال:-

"كل من يرغب في إجراء نفس التجارب فليتناول الأمر لا بالاستهتار بل

بالحزم والعزم والطريق القويم والسبيل المستقيم، فإذا لم تنجح تجربته فلا يقلل بجهله من شأن كشوفي، لأني لم أضمن كتابي هذا شيئاً لم يمحص ويجرب عدة مرات. إن هذا العلم الطبيعي جديد كله تقريباً لم يسمع به أحد إلا ما تناوله بعض الكتاب، وقليل هم، بخصوص بعض القوى المغناطيسية الشائعة. وعلى ذلك فقلما استشهدت بأقوال الإغريق القدماء لدعم ما أقول، لأن الحقيقة لا يمكن إثباتها والتدليل عليها بحجج الإغريق أو بكلامهم، إذ أن علم المغناطيسية الذي وضعته يختلف مع معظم قواعدهم وآرائهم.

"كما أني لم أستخدم في كتابي نوعاً من البيان الساحر أو الكلام المزوق، بل إني شرحت الأمور الصعبة المجهولة في كلمات واضحة وعبارة مفهومة. غير أني في بعض الأحيان استعملت كلمات جديدة وغريبة، لا لأخفي الحقائق أو أحيطها بالغموض، كما كان يفعل الكيماويون القدماء، بل لكي أشرح شرحاً واضحاً بسيطاً صحيحاً تلك الأشياء الخفية التي لم يشاهدها أحد من قبل ولم يضع لها اسماً. ولا يفوتني أن أبدي الاحترام الواجب لواضعي الفلسفة القدماء لأن الحكمة انتقلت إلى الخلف عن طريقهم. وإن عصرنا قد كشف القناع عن حقائق كثيرة جداً خفية، ولو كان هذا السلف حياً الآن لقبلها بكل سرور. ولذا فإني لم أتردد في أن أشرح عملياً ونظرياً تلك الأشياء التي أستكشفها بعد طويل التجارب".

ظاهرتا التكهرب والتمغطس

ميز جلبرت في كتابه هذا بين ظاهرتي التكهرب والتمغطس؛ ففي الأولى قسم الأجسام قسمين، الأجسام التي سماها "كهربائية" وهي التي رآها قابلة للتكهرب بالدلك، والأجسام التي سماها "غير كهربائية" وهي التي لم يستطع أن يجعلها تكتسب بالدلك خاصة جذب الأجسام الخفيفة إليها. وقد استعمل في

تجاربه هذه جهازاً أسماه "الإبرة الكهربائية" ابتكره هو ويتركب من إبرة خفيفة من القش ترتكز على محور رأسي تكون قابلة للدوران في مستو أفقي، وتشبه عندئذ الإبرة المغناطيسية المعتادة التي كثيراً ما تستعمل في التجارب الأولية في المغناطيسية، فرأى أن الكهرباء وكثيراً من الأجسام إذا دلكت ثم قربت من الإبرة الكهربائية انجذبت الإبرة إليها، وذلك يدل على تكهرب تلك الأجسام بالدلك.

ويقول جلبرت نفسه إنه جعل يفحص خامات الحديد المتعددة، وسرعان ما وجد أن واحداً منها، هو الأسود، مغناطيسي بطبيعته، فأجرى عدة تجارب على الإبرة المغناطيسية التي استعملها من قبله الإيطاليون والعرب، والتي استعملها الصينيون قبل هؤلاء. وكان جلبرت أول من أثبت أن المغناطيس الطبيعي أو الحجر المغناطيسي ليس المغناطيس الوحيد الممكن، وأن ساق الحديد يمكن أن تستحيل مغناطيساً بمجرد تعليقها في الاتجاه الذي تدل عليه الإبرة المغناطيسية، أو تسخينها ثم طرقها وهي في هذا الاتجاه عينه. وهو الذي زاد في قوة المغناطيس الطبيعي زيادة عظيمة بتغطية كل من طرفيه بغلاف أو درع.



(شكل ١٨) جلبرت يجري تجاربه الكهربائية أمام الملكة اليزابيث ورجال البلاط

ولقد أدرك جلبرت كثيراً من أغلاط من سبقه من البحاث وعالجها. ومن بين هذه الأغلاط تلك القائلة بوجوب تغذية الحجر المغناطيسي ببرادة الحديد لكي يحتفظ بقوته المغناطيسية. وكانت طريقة سابقيه في هذا الصدد أن يأخذوا حجراً مغناطيسياً ذا وزن معلوم ثم يغمروه في قدر من برادة الحديد معروف الوزن أيضاً. وبعد ترك الحجر كذلك عدة شهور يرفعونه ثم يزنونه هو والبرادة من جديد. فكانوا يظنون أن الحجر صار أثقل قليلاً وأن البرادة صارت أخف قليلاً. بل إن الفرق كان من الضآلة بحيث كانوا أحيانا يظنون أنه لا فرق البتة بين الوزنين. ولكن جلبرت قال إنه في حالة وجود فرق يكون بعض البرادة قد لصق بالحجر فجعله أثقل قليلاً. وعلى أي حال لم تكن هناك بينة تدل على أن الحجر قد امتص أي غذاء لكي يحتفظ بقوته.



(شكل ١٩) مغطسة ساق من الحديد يطرقها

ومما ينسب إلى باراسلوس أنه كان يظن أن قوة المغناطيس يمكن أن تتضاعف عشر مرات إذا هو سخن إلى درجة الاحمرار تقريباً ثم نقع بعدئذ في زيت الزعفران. وكان يقول إن الحجر المغناطيسي بهذه الطريقة تشتد قوته حتى

ليجذب إليه المسمار المدقوق في الحائط، وحتى ليأتي بأشياء أخرى عجيبة لا يستطيعها أي حجر مغناطيسي عادي. وهذا في الواقع لا يتفق والحقيقة، لأن جلبرت وجد أن الحجر المغناطيسي الذي يعالج بهذه الوسيلة لا يكتسب قوة جديدة بل يفقد جزءًا من قوته.

وكان جلبرت أول من برهن أن أشد قوة مغناطيسية توجد عند نقطتين متقابلتين في الأجسام المغناطيسية، وقد سمى كل نقطة منهما "قطباً" وبرهن على أن القطبين المتماثلين، أي اللذين يتجهان اتجاهاً واحداً حينما يعلق المغناطيس، يتنافران؛ وأن المختلفين، أي اللذين يتجهان اتجاهين متضادين، يتجاذبان. وقال بأن المغناطيس يمكن أن يوجد على جملة أشكال متباينة، وأن قطعة الحديد مهما كان شكلها يمكن مغطستها، فإذا ما تمغطست تماماً ظهر لها قطبان.

مغناطيسية الأرض

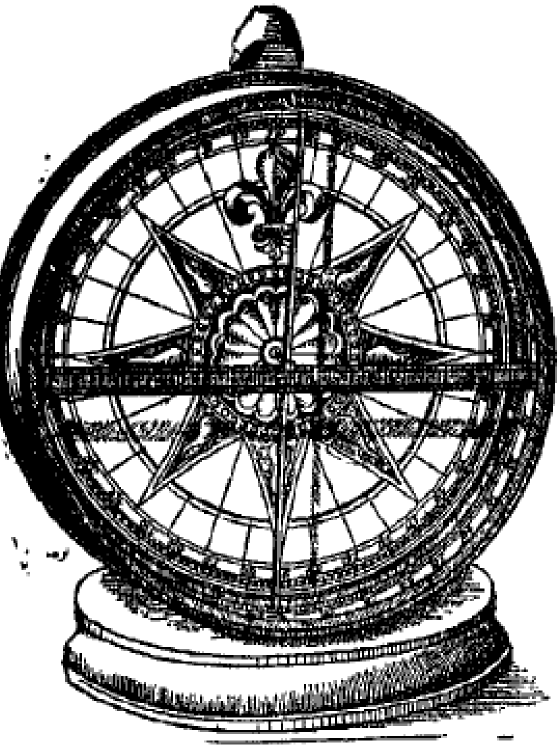
وحدث جلبرت نفسه عما إذا كان يمكن أن يوجد مغناطيس على شكل كرة. فصنع كرة من الحديد كقنبلة المدفع ثم مغطسها بدلكها بحجر المغناطيس، وعندما أتم دلكها جاء بإبرة مغناطيسية صغيرة وقربها منها فوجد الإبرة قد سلكت كما لو كانت كرة الحديد هي الأرض نفسها، بمعنى أن الإبرة اتجهت إلى القطبين، وأن اتجاهها تغير باختلاف بعدها عنهما. ومن ثم ظهرت له الحقيقة ناصعة، وهي أن الأرض نفسها مغناطيس كبير. وكان هذا رأياً جديداً لم يسبقه إليه أحد. لقد كان القدماء يظنون أن انجذاب الإبرة المغناطيسية يرجع إلى وجود بعض جبال مغناطيسية في الشمال، أو إلى وجود نجم ما في ذيل كوكبة الدب الأكبر التي هي مجموعة تتألف من سبع نجوم، تبدو كأنها تدور في السماء حول القطب الشمالي.



(شكل ٢٠) الأرض مغناطيس كبير

ولكن هذا الرأي انتهى واندثر، إذ لم يمكن القول به بعد أن ظهرت الحقائق تترى. فأولاً لما كانت النجوم تبدو كأنها تتحرك في القبة السماوية حول القطب الشمالي، فالمعقول بطبيعة الحال أن يتغير اتجاه الإبرة المغناطيسية في غضون كل أربع وعشرين ساعة. ولكن هذا لم يحدث. وأما إذا كانت الجبال المغناطيسية موجودة عند القطب الشمالي، فإن الإبرة تكون أفقية فقط في المناطق القريبة من هذه الجبال. أما في الجهات الجنوبية براً أو بحراً، فإن الإبرة تنخفض عن الأفق، مادام القطب نفسه ينخفض عن الأفق بزاوية كبيرة. وتتضاءل هذه الزاوية التي تصنعها الإبرة مع الأفق شيئاً فشيئاً كلما اقتربت الإبرة من القطب. ولكن هذا عكس الواقع على خط مستقيم. فالإبرة إذا كانت متزنة تماماً قبل مغطستها تفقد اتزانها إذا لمسها مغناطيس لأنه يمغطسها. وينخفض قطبها المشير إلى الشمال، ويرتفع قطبها المشير إلى الجنوب. ويكون ذلك دليلاً على وجود جبال مغناطيسية عند قطب الأرض. ولكنا إذا سرنا صوب خط الاستواء يتضاءل "ميل" الإبرة هذا شيئاً فشيئاً حتى ينعدم وتصير أفقية تماماً. وإذا نحن سرنا نحو القطب كبر هذا الميل شيئاً فشيئاً حتى تصبح الإبرة رأسية تماماً.

وقد وجد جلبرت أن الإبرة الصغيرة التي تقرب من كره مغناطيسية تسلك هذا المسلك عينه؛ ففي منتصف المسافة بين القطبين تكون الإبرة موازية لمحور الكرة. وعند القطبين تتجه الإبرة رأسياً إلى مركز الكرة. فإذا كان تغير هذا "الميل" منتظماً تماماً، استطاع البحارة أن يعرفوا خطوط العرض في البحار، وذلك بمجرد معرفتهم "الميل". وظن جلبرت أن ذلك جائز وصحيح، ولكنه كان مخطئاً فيه، لأن "الميل" لا يتغير فحسب بتغير المكان تغيراً منتظماً، بل لأنه يتغير في المكان الواحد كل قرن من الزمان. أي أنه في المكان الواحد قد يكبر وقد يصغر من قرن إلى قرن.



(شكل ٢١) إبرة ميل مغناطيسي قديمة

واستكشف جلبرت خاصية أخرى للإبرة الجديدة، وهي خاصية "انحراف" الإبرة أي انعطافها عن الشمال الحقيقي، فنسب هذا الانعطاف إلى عدم انتظام توزيع الماء واليابسة في الأرض، وظن أن الجبال تجذب الإبرة المغناطيسية إليها، وبذلك تحدث اضطراباً في فعل الأرض المغناطيسي جملة. وهنا نراه أخطأ للمرة الثانية. وذلك لأن التجارب والأرصاد التي توالت من أيامه إلى وقتنا، قد دلت على أن هذا الانعطاف كالميل ليس ثابت المقدار بل يختلف أيضاً في المكان الواحد من قرن لقرن. وإذن يكون من الخطأ الظن بأن جبال الأرض التي تحتفظ بحدودها وكيانها قروناً عدة دون أن يعتورها تغير هي السبب في هذا الانعطاف المشاهد.

والحق إن جلبرت قد أخطأ كما أخطأ سابقوه، ولكننا نغتفر له هذا الخطأ، لأنه بنى براهينه على ما كان قد وصل إليه من الحقائق الواقعية وقتذاك، وما كان في وسعه أن يجري بنفسه تجارب وأرصاد ومشاهدات تستمر قرناً من الزمان؛ ثم هو من جهة أخرى لم تكن لديه مدونات لأرصاد امتدت زمناً طويلاً. فبراهينه كانت على قدر ما وجد لديه من الحقائق. أما تلك الحقائق التي وصل إليها غيره ممن جاءوا بعده فقد أدت بطبيعة الحال في حالات كثيرة إلى نتائج جديدة كان يرحب بها جلبرت ويقرها لو أن الله مد في عمره هذه السنين الطوال. نعم إنه كان يكون أول من ينادي بها وإن تكن مخالفة لما كان قد وضعه قبلاً من النظريات؛ ففي مجال العلوم العلمية على الأخص لا يمكن أن يوجد إمام مطلق أو حاكم مستبد– دكتاتور– كما في عالم السياسة. على أن جلبرت نفسه كان ممن شقوا عصا الطاعة على التقاليد، فجاهر برفض لكرة التقيد بآراء السلف، وقال بأن العالم الحكيم الفيلسوف مهما كان موهوباً أو ممتازاً في عقله لا يستطيع أن يهيمن على عقول من يجيئون بعده فيتسلط على أفكارهم وآرائهم،

وبذلك وطد جلبرت أحد مبادئ العلم الحديث.

النظرية العلمية

والواقع أنه عند ما تتجمع لديك الحقائق جميعها يصح لك أن ترتبها ترتيباً ما، وأن تنظر إليها من وجهة نظر خاصة، مقيداً بقواعد خاصة. فوجهة النظر هذه التي تسمى نظرية علمية، وتصبح قائمة بذاتها. ومتى ما تم وضع النظرية أمكننا في ضوئها فحص الحقائق المختلفة بتفصيلاتها المعقدة المحيرة؛ فالنظرية إذن وسيلة ناجحة لتقليل مجهود المخ– وهو المجهود اللازم لتذكر عدد كبير من الحقائق والمعلومات. وهي تدل أيضاً على الاتجاهات التي يصح أن يبحث فيها عن حقائق جديدة، فإذا ما وجدت هذه الحقائق الجديدة، دلتنا النظرية أيضاً على التفسيرات الممكنة لها، وعندئذ تكون النظرية العلمية قد بلغت غايتها.

ليس ثمت شيء في العلم كالحقيقة المطلقة، والنظرية تكون صحيحة سليمة ما دامت لا تتعارض مع الحقائق، فإذا ما استكشفت أمور واقعية جديدة لا تتفق والنظرية سقطت النظرية وانهدمت. ولما كان الكثيرون يتابعون البحث يومياً وراء كشف الجديد من الحقائق فهل يمكن أن توجد نظرية تكون بالغة حد الكمال المطلق؟ حقيقة إن نتائج المشاهدات الدقيقة الصحيحة تظل كما هي، ولكن تفسير التأثيرات المشاهدة يتغير كما تزايدت معلوماتنا بخصوص طبيعة الكون. وفي هذا نختلف عن أسلافنا. إننا نريد من العلم أن يظل حياً مطرد النمو، ولا نريد مع هذا أن نفقد ثمار عمل هذا السلف، وسيكون لنظريات هذا السلف مكانها منا، وسنحتفظ بها دون تغيير إلى أن نضطر اضطراراً إلى تغييرها عن طريق استكشاف حقائق جديدة صادقة تثبت صحتها ثبوتاً قاطعاً، وبهذا نتقدم خطوة خطوة مرتادين في العلوم أصقاعاً لا يمكن أن يرى أحد حدودها.

* * *

وعلى هذا النمط وقف جلبرت من سابقيه، وعلى هذا النمط أيضاً وقف من جلبرت لاحقوه، وراح كتابه على رغم ما فيه من أمثال هذه العيوب يمثل الدور الأول في تكوين علمي الكهربائية والمغناطيسية. ويقال إن العالم الشهير غاليليو قد أعجب بكتاب جلبرت إعجاباً شديداً جعله يتمدح به، مناقضاً في ذلك ما ذهب إليه العالم الكاتب الإنجليزي الشهير فرانسيس بيكون من تقليله من شأن كشوف جلبرت. وخير ما أختم به الحديث عن جلبرت أن أذكر ما قاله الشاعر الإنجليزي دريدن بشأنه فقد قال: "سيبقى جلبرت ما بقيت حجارة المغناطيس تجذب إليها الحديد".

الفصل السادس

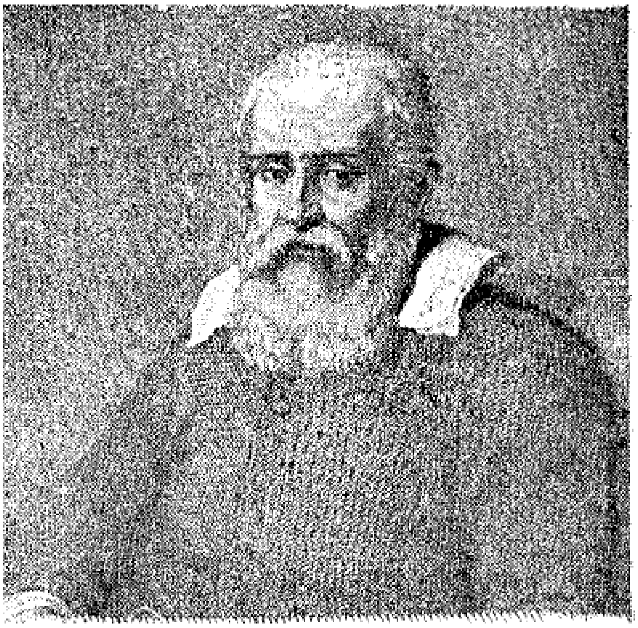
غاليليو

أكبر أئمة العلم والاختراع في نظر كثيرين. ولد سنة **١٥٦٤** في مدينة بيزا في شمال إيطاليا. وكان أبوه عالماً أريباً وكاتباً ممتازاً، عشق الأدب وأغرم به، ولكنه لم يتفرغ إليه لانشغاله في تجارة الأصواف لكسب قوته وقوت عياله. وما كاد ولده غاليليو يتم دراسته الابتدائية، حتى بعث به إلى دير يتلقى فيه الأدب على أيدي الرهبان. وكاد ينخرط في سلك الرهبنة لولا أن أباه كان انتوى إعداده لغيرها. وقد كانت رغبة الأب في مبدأ الأمر أن يدرب الابن على تجارة الأصواف لكي يشترك معه في الكسب والإنفاق على الأسرة، ولكن الصبي غاليليو أظهر ذكاء نادراً عز على أبيه أن يقبره، فاستقر رأيه على أن يلحقه بالجامعة لكي يدرس الطب فيها.

وسرعان ما ظهرت على غاليليو في أيامه الجامعية الأولى نزعته إلى الاستقلال في الرأي والفكر، وبلغت جرأته أن يناقش في أيامه الثائرة تعاليم أرسطو. ولا يخفى أن الإقدام على ذلك وقتذاك كان يستلزم شجاعة نادرة، إذ كانت علوم الأقدمين تكاد تعتبر مقدسة لا تقبل جدلاً ولا نقاشاً. وكان كثير الأسئلة حتى لقبوه "بالمجادل" الشكس ويشاء الله أن يكون هذا اللقب "المجادل" فيما بعد من ألقاب الشرف الجامعية، التي تمنحها جامعة كمبردج للناجح النابه في الامتحانات العلية التي كانت تعقدها في العلوم الرياضية على طريقة الامتحانات الأزهرية القديمة.

ولما بلغ غاليليو العشرين من عمره كان قد برع في اللغتين اللاتينية

والإغريقية، وفي التصوير والموسيقى، ولكنه ظل مع ذلك منزوياً بسبب نزعته الاستقلالية في التفكير وكثرة أسئلته. والظاهر أن غاليليو ورث عن أبيه هذا الاستقلال في الرأي، إذ يروي الرواة أنهم عثروا في كتابات أبيه على الفقرة التالية: "أخالهم بلهاء حمقى أولئك الذين يعتمدون في إثبات أي رأي على قول مؤلف فقط دون إيراد حجة تدعم هذا الرأي وتؤيده".



(شكل ٢٢) غاليليو غاليلي

وبدأ بعد ذلك يدرس الطب، ولكنه لم يستمر فيه طويلاً لأنه مال بفطرته إلى العلوم الرياضية والطبيعية، وكان أبوه خبيراً بهذه العلوم حاذقاً فيها، إلا أن الإيطاليين كانوا ينظرون إليها إذ ذاك نظرة غير مستطابة إذ كانوا يظنونها قليلة الخطر صغيرة الشأن ولكن غاليليو انصرف إلى هذه العلوم وحدها رغبة فيها. ولم تثنه عنها المحاولات الكثيرة. ويروي الرواة في هذا الصدد قصة طريفة،

يقولون إنه كان لأبي غاليليو صديق مدرس نابغ في العلوم الرياضية اسمه رتشي Ricci ذهب غاليليو يوماً لزيارته. وما كاد يقترب من الحجرة التي ظنه فيها حتى سمعه يلقي درساً في الرياضة على جماعة من أتباع دوق توسكانيا فوقف بباب الحجرة متوارياً عن الأنظار يصغي لما كان يلقى، وكان جديداً بالطبع على غاليليو، فاستساغ ما سمع وأعجب به، ويقال إنه واظب على الذهاب كل يوم ليستمع إلى دروس رتشي، وكانت في علم الهندسة وهو متوار عن الأنظار. فخلبته وشغل بها هي وغيرها من العلوم الرياضية حتى أنه أهمل دراسة الطب. وتقدم إلى رتشي هذا يستزيده منها، وقد سر رتشي من إقبال الفتى على العلوم الرياضية. غير أن إهمال غاليلو للطب لفت نظر أبيه فأسرع هذا إلى صديقه يسأله أن يوقف هذه الدروس، وفعلاً أوقفها. ولكن غاليليو كان قد عرف مباديها فتابع الدرس وحده حتى نبغ فيها نبوغاً دهش له أبوه واقتنع بأن ابنه رياضي بفطرته. وانتهى الأمر بأن أقر الوالد ابنه على ترك دراسة الطب بتاتاً.

ولما بلغ غاليليو الخامسة والعشرين من عمره أصبح نابغة زمانه في العلوم الرياضية، واختير أستاذاً لها في جامعة بيزا وإنما بأجر زهيد هو ثلاثة عشر جنيهاً فقط في السنة! وسبب ذلك أن العلوم الرياضية لم يكن ينظر إليها في إيطاليا بالعين التي ينظر بها لبقية العلوم، ومن ثم اختفت مرتبات أساتذة الرياضة عن مرتبات بقية الأساتذة التي كانت تبلغ مئات الجنيهات.

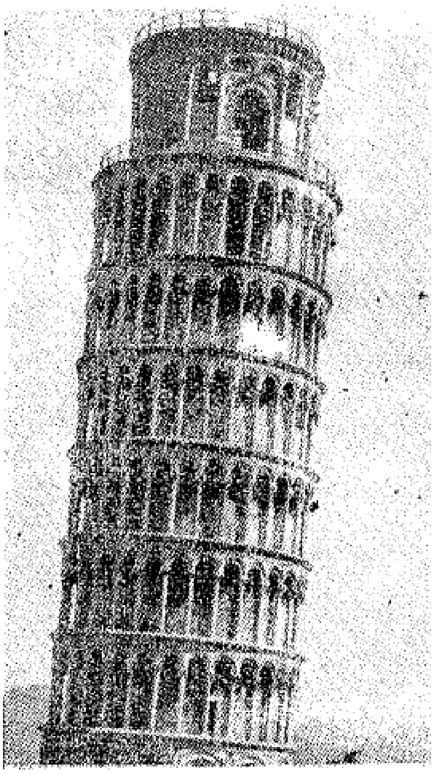
نقده آراء أرسطو

وبدأ وهو في الجامعة ينقد آراء أرسطو وتعاليمه، معلناً أنه لا يستطيع أن يقبل أي رأي علمي دون نقاش، مصرحاً بأن التقيد بآراء الأقدمين دون نقاش مهما علا كعبهم في العلوم مقيد للفكر عائق لتقدم هذه العلوم. وفي الواقع إن روح الاستقلال في البحث العلمي بدأ يسود الجامعات الأوروبية كلها في ذلك

الوقت، وساعدت التجارب والمشاهدات على نقض كثير من الآراء القديمة.

فمن آراء أرسطو الخاطئة قوله إن الزمن اللازم لسقوط جسم من ارتفاع ما يتوقف على وزن الجسم، بمعنى أن الجسم الذي وزنه عشرة أرطال مثلاً يستغرق من الوقت في سقوطه من ارتفاع ما عشر الوقت الذي يستغرقه سقوط جسم يزن رطلاً واحداً. وهنا حاول غاليليو عن طريق المنطق أن يبرهن خطأ ذلك فقال "إذا جئنا بحجرين متساويين وزناً وأسقطناهما من ارتفاع ما فإنهما يسيران جنباً لجنب ويصلان إلى الأرض معاً. فهل إذا ربطناهما معاً ساراً بضعف السرعة التي كانا يسيران بها وهما غير مربوطين؟" ولكن من ذا الذي كان يجرؤ على تخطئة أرسطو إذ ذاك؟ فلم يبق من سبيل بعد ذلك إلا التجربة فهي الحكم الفصل.

ولمدينة بيزا برجها العظيم المائل. كان قد بني على أرض رخوة كما كاد يتم بناؤه حتى مال على جانبه الذي غارت من تحته الأرض، وظل البرج مع ميله هذا قائماً إلى يومنا. فاستخدم غاليليو هذا البرج لكي يثبت أن أرسطو وتابعيه كانوا مخطئين في اعتقادهم أن الجسم الثقيل يسبق بكثير الجسم الخفيف في السقوط على الأرض من عل. وهذا يصدق لو وازنا بين سقوط الريش والحجارة في الهواء. ولكن لمقاومة الهواء الفضل الأكبر في ذلك. أما إذا أجريت التجربة بمعزل عن الهواء فالحجر والريشة يصلان إلى الأرض معاً. ولم يكن في وسع غاليليو أن يثبت ذلك لعجزه عن إيجاد فضاء خال من الهواء، ولكنه كان قادراً على كل حال أن يوازن بين سرعتي حجرين أحدهما كبير والثاني صغير، وقد قال الأرسطيون إن الحجارة الكبيرة والحجارة الصغيرة تسقط بسرعات مختلفة، فأخذ الناس ذلك قضية مسلمة، ولم يكلف أحد نفسه أن يعرف ما إذا كان ذلك صحيحاً أو غير صحيح.



(شكل ٢٣) برج بيزا المائل

وكان غاليليو واثقاً كل الوثوق من صحة رأيه، فدعا زملاءه الأساتذة وطلبة الجامعة وجمهرة أصدقائه لكي يصحبوه إلى برج بيزا العظيم المائل، ويشاهدوا بأنفسهم التجربة. والبرج مؤلف من ثمان طبقات، فإن كان ثمت فرق بين السرعات، فهو لا بد ظاهر لطول مسافة السقوط، وصعد إلى قمة البرج آخذاً معه كرة من الحديد كقنبلة المدفع زنتها مائة رطل، وكرة أخرى زنتها رطل واحد. ووضع الكرتين في صندوق، ثم أسقطهما بأن قلب الصندوق لكي يبدأ هبوطهما معاً في لحظة واحدة. وقد وجد الذين كانوا يرقبون التجربة أسفل البرج أنهما وصلا إلى الأرض في لحظة واحدة، ويصعب علينا التحقق من شعور هذا

الجمهور الحاشد إزاء الأمر الواقع الذي ثبت بالتجربة. ولكنا نرى بعض الكتاب يقولون: "إن الأرسطيين الذين رأوا بأعينهم أن الوزنين غير المتساويين يصدمان الأرض معاً في لحظة واحدة نسبوا ذلك لتأثيرات مجهولة، مفضلين بذلك رأي معلمهم أرسطو على حكم الطبيعة".

وكانت هذه التجربة الشهيرة بدء انقلاب جديد، فإن سقوط هاتين الكرتين معاً كان بدء سقوط الرأي القديم الذي عاق تقدم العلوم زمناً طويلا، وما كان غاليليو يعارض المعلمين القدماء إلا وهو متحقق من أن التجربة تؤيده، وكان يرى أن الطبيعة على استعداد دائماً للرد على ما يوجه إليها من الأسئلة. وكل ما في الأمر أن يوضع السؤال لها بشكل واضح لا غلط فيه. وما ترددت الطبيعة يوماً في الإجابة وما ونت. وقد ظل طوال عمره عاكفاً على هذه الطريقة، طريقة التجربة وتوجيه الأسئلة إلى الطبيعة، فاستطاع أن يستكشف كثيراً من القوانين الطبيعية، وأصبحت طريقته هذه بعد أن قبلها العلميون الوسيلة الوحيدة الصادقة التي يمكن بها توسيع معلومات بني الإنسان عن هذا العالم وتكوينه.

سرعة الأجسام الساقطة

وأراد غاليليو تعيين سرعة الأجسام الساقطة بشكل أدق، فغير التجربة ونوعها جملة مرات. وفي التجربة لتي استعملها كثيراً جعل كرات صلبة من النحاس تجري هابطة في قناة مستقيمة محفورة في لوح من الخشب، مكسوة بالجلد الأملس لكي تقل مقاومة حركة الكرات بقدر الإمكان. وعين بدقة الوقت الذي بدأت فيه الكرات تتحرك، والوقت الذي وصلت فيه إلى أسفل القناة. وهذه الأقيسة تتم في الوقت الحاضر عن طريق ساعات خاصة، ولم تكن في ذلك الزمن ساعات إلا تلك الساعات المائية التي كانت تستعمل في بابل ثم

في العهد الإسكندري. فقاس غاليليو الزمن بساعة من هذه الساعات على تدر ما استطاع من الدقة. وذلك بأن وصل صنبوراً صغيراً بأسفل أنبوبة ضيقة ملئت ماء. فعند اللحظة التي بدأت الكرات فيها تهبط وضع كأساً صغيرة أسفل الصنبور، وعند اللحظة التي وصلت الكرات فيها إلى أسفل القناة رفع الكأس. ثم وزن الكأس وبه الماء المتساقط بعد أن وزنها وهي فارغة. وبذلك أوجد مقدار الماء الذي صب في الكأس وبمقارنة مقادير الماء المتحصلة في التجارب المختلفة استطاع أن يقارن بين الأزمنة.

وكان غرضه أن يصل إلى القاعدة التي بمقتضاها تتغير سرعة الجسم الساقط بتغير مسافة السقوط أو زمنه. فظن أولاً أن السرعة مناسبة للمسافة المقطوعة، ولكنه وجد أنه حينما تتضاعف المسافة لا تتضاعف السرعة عند نهاية الهبوط بل تكون أقل من الضعف، مع ملاحظة أن غاليليو استطاع أن يوجد السرعة النهائية بجعله الكرة الهابطة تتحرك فوق سطح أفقي أملس جداً عند ما تصل إلى أسفل القناة. وبعد عدة محاولات وتجارب، وجد أن السرعة التي يحصل عليها جسم تحركه قوة ابتداء من حالة السكون مناسبة تماماً للزمن الذي في غضونه تتسلط هذه القوة على الجسم، فكان هذا الاستكشاف أصل على الحركة كله. وقد سمى غاليليو السرعة التي يكتسبها جسم بهذه الطريقة في وحدة الزمن "العجلة".

كمية التحرك

وكان غاليليو أول من وضع فكرة ما يسمى في علم الميكانيكا الحديث "كمية التحرك" فقد وجد أن مقدار حركة الجسم لا يقاس بسرعته فقط بل بوزنه أيضاً. وقد اتضح له أن الجسم الثقيل المتحرك بسرعة ما يعادل جملة أجسام خفيفة تتحرك بنفس السرعة على شرط أن يكون مجموع أوزان هذه

الأجسام مساوياً وزن الجسم الثقيل. وعلى ذلك فلكي نعين مقدار حركة الجسم المتحرك تحتم أن ندخل في حسابنا كلاً من وزن الجسم وسرعته. وقد استعمل غاليليو عبارة "كمية التحرك" للدلالة على حاصل ضرب سرعة الجسم في كتلته. ثم بدأ بعد ذلك يبحث في مسألة القوة المركزية الطاردة، أو بعبارة أخرى القوة التي يشد بها جسم الخيط المربوط به إذا أدير الجسم والخيط.

وظل غاليليو خلال كشوفه هذه كلها هدفاً لدسائس معارضيه إذ خشوا أن يقضي على تعاليم أرسطو كلها، ولذلك قر رأيهم على إيقافه وإسكاته؛ ففي محاضراته العامة كانوا يحدثون جلبة وضوضاء حتى لا تتم على الوجه الأكمل. وحدث أن سأل دوق توسكانيا صاحبنا غاليليو رأيه في اختراع ابتكره أحد أبنائه. وهذا الاختراع نموذج لآلة إيدروليكية (كراكة) ادعى الأمير مخترعها أنها تستطيع تطهير ميناء ليغورن. فلما اختبر غاليليو هذا النموذج قال بعدم صلاحيته، وتأكد قوله عند تجربته التي أثبتت فشل النموذج فشلاً تاماً. فأوغر ذلك صدر الأمير، ومضى يدس هو أيضاً لغاليليو حتى في الجامعة، حتى إذا ما ضاق غاليليو ذرعاً اضطر لتقديم استقالته من كرسي الأستاذية. وكان في ذلك مثلاً أعلى إذ أنه استمسك بالرأي العلمي الحق مضحياً في ذلك رزقه الوحيد. فأين هذا ممن أصبحوا الآن يحللون الحرام ويحرمون الحلال، ويبيعون حتى دينهم بدنياهم تقرباً وزلفى لأمير أو كبير؟.

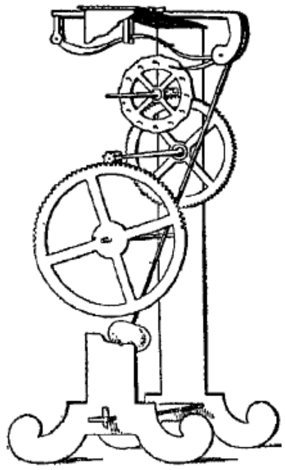
غير أن الخير لم يعدم أهله حتى في ذلك الزمان الثائر، فقد توسط لغاليليو بعض صحبه وعين أستاذاً للرياضة في جامعة بادوا بمرتب سنوي قدره اثنان وثلاثون جنيهاً مصرياً أي قدر مرتبه في جامعة بيزا مرتين ونصف مرة تقريباً.

البندول

على أن أهم ما وصل إليه غاليليو هو اختراعه البندول؛ فقد حدث له

وهو لا يزال في ميعة الشباب أن ذهب يوماً إلى كاتدرائية بيزا واشترك في الصلاة وفي إجراء الطقوس الدينية. فلاحظ وهو يؤدي هذه الطقوس أن مصباحاً كبيراً معلقاً في السقف فوق رأسه مباشرة جعل يهتز بعد إيقاده. فراقب المصباح وهو يهتز متأرجحاً زمناً طويلاً، ولاحظ أن الاهتزاز جعل يتضاءل بالتدريج. ولكنه لاحظ أيضاً أن زمن الهزة الواحدة ثابت لا يتغير على الرغم من تضاؤل الاهتزاز. ولكي يختبر صحة ذلك جعل يحسب عدد المرات التي ينبضها نبضة بين كل هزة وتاليتها. ولا يخفى أنه لم تكن لديه ساعة كالساعات المعروفة الآن، ولم يكن في وسعه إذ ذاك أن يستعمل ساعة مائية، وخصوصاً والمنتظر منه وهو في داخل الكنيسة أن ينهمك في صلاته. فلما عد نبضه وجد أن زمن الهزة الواحدة ظل ثابت المقدار حتى سكن المصباح.

وقد لا يجد أي شخص عادي في سنه شائقاً في ذلك يلفت النظر، ولكن غاليليو وجد فيه نوعاً من الإلهام؛ لقد تمنى في نفسه لو استطاع أن يصنع آلة تديرها الأثقال المهتزة المتأرجحة، فإن مثل هذه الآلة يمكن أن تسير باطراد وانتظام فتستطيع أن تقيس الزمن قياساً مضبوطاً. وكل ما اتجه إليه فكره عندئذ أن هذه الآلة تمكن الطبيب من أن يعرف نبض المريض. وعلى هذا اخترع الآلة التي سماها "قائسة النبض **Pulsilogia**" وهي تتألف من خيط مربوط بطرفه ثقل، وهذا الخيط يمكن تغيير طوله بسهولة وتهيئته بحيث تكون هزات البندول الحادثة منه متفقة مع نبضات المريض، فيظهر من ثم ما إذا كان نبض المريض سريعاً أم بطيئاً، بل إن الطبيب يمكنه بهذه الآلة أن يدرك أي اضطراب في النبض. وقد فرح أطباء ذلك الزمان بهذه الآلة أيما فرح، وشاع استعمالها في جميع الجهات.



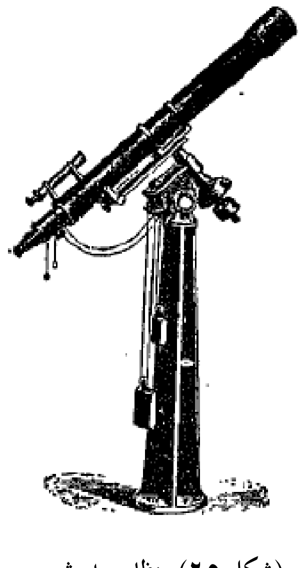
(شكل ٢٤) بندول الساعة لغاليليو

ولكن غاليليو لم يشأ أن يقف بندوله عند هذا الحد، بل اتجهت نيته إلى ابتكار بندول لا يعد بنفسه عدد مرات هزات فقط، كما هو الحال في قائسة النبض، بل أنه أراد أن يصنع جهازاً يمضي في السير زمناً طويلاً. وانتهى به تفكيره إلى وضع تصميم آلة هي الساعة الحديثة، يمكن أن "تملأ" فتسير بوساطة ثقل. ولم يظهر هذا الاختراع إلا بعد أن تقدم غاليليو في السن وفقد بصره. وما كان منه إلا أن أملى على ولده شرحاً مستفيضاً للساعة التي هداه إليها عقله الكبير الوضاء. ولم ينجح ولده في صنعها إلا بعد وفاة غاليليو بعشر سنوات. غير أن غاليليو على الرغم من هذا اعتبر أنه مخترع بندول الساعة.

المنظار

وفي سنة ١٦٠٩ وصل إلى سمع غاليليو نبأ جديد كان له أثر في توجيه غاليليو وجهة جديدة في الكشف العلمي. لقفد بلغه أن صانع "نظارات" هولندي يدعى هانس لبرشاي قد أهدى أميراً ألمانيا آلة ترى بها الأشياء البعيدة، وكأنها على قيد أنملة من الرائي، ولكنها تكون مقلوبة. ثم وصله خطاب من

باريس أكد له خبر هذه الآلة دون أن يذكر له شيئاً البتة عن تركيبها. وقضى غاليليو ليلة وصول هذ الخطاب وهو يشحذ قريحته للوصول إلى سر تركيب هذه الآلة الجديدة. وما وافى الصبح حتى كان قد وقف على سر تركيبها دون أن يراها. فأخذ عدستين إحداهما محدبة والثانية مقعرة. وجاء بأنبوبة من الرصاص، وثبت العدسة الأولى في أحد طرفيها والثانية في الطرف الآخر، ووجه الطرف الأول إلى الجسم البعيد الذي أراد رؤيته، وقرب الطرف الثاني من عينه؛ فلم ير شيئاً في مبدأ الأمر، ولكنه لما جعل يحرك العدسة جيئة وذهاباً على طول الأنبوبة عثر على موضع لها تظهر فيه الأجسام البعيدة معتدلة مكبرة إلى ثلاثة أمثال جرمها العادي، ثم شرع في تحسين هذا الجهاز، وما هو إلا زمن قصير حتى نجح في إنشاء منظار (تلسكوب) يقرب الأجسام البعيدة ثلاثين مرة، ويكبر سطحها ألف مرة تقريباً. وأسرع غاليليو باختراعه إلى البندقية، وقدمه إلى كبار الحكام فيها، وصحبهم إلى أعلى برج في أعلى كنيسة في المدينة، وأعد منظاره وصوبه إلى البحر ليرى السفن القادمة.



(شكل ٢٥) منظار حديث

وقال في مذكراته: "إن كثيرين من الأشراف والشيوخ على الرغم من تقدمهم في السن صعدوا معي إلى أعلى أبراج الكنائس في البندقية لكي يرقبوا السفن التي كان يراها منظاري وهي على مسيرة ساعتين من الميناء".

وأهدى غاليليو منظاره لجامعة بادوا التي يشتغل فيها كرسي أستاذ الرياضة، وقد أعجب به أعضاء مجلس الجامعة، وقدروا هديته من الوجهة العلمية، ورأوا أن يكافئوه على اختراعه هذا، فرفعوا مرتبه من اثنين وثلاثين جنيهاً في السنة إلى عشرين ومائتين من الجنيهات، ولم يكتفوا بذلك بل عينوه أستاذاً في الجامعة مدى الحياة.

وباختراع المنظار طارت لغاليليو شهرة في جميع أنحاء العالم، ورغبه الملوك والأمراء والعلماء حتى أنه جاءت له طلبات حتى من هولندا التي كانت أول قطر استكشف فيه أساس المنظار.

الكشوف الفلكية

واستعمل الأوروبيون منظار غاليليو في ظروف كثيرة في السلم وفي الحرب، وتوجه به غاليليو إلى غرض علمي جديد أهم وأعظم. خطر بباله أن يوجه منظاره إلى السموات ليفحص ما فيها من أجرام، فحصل بذلك على كشوف مدهشة أحدثت رجة عظيمة في علم الفلك، وكانت بداية فتح جديد فيه. لقد وجهه أولاً إلى القمر، فرأى على الفور أن ما يبدو على سطحه من علامات ليس في الواقع إلا جبالاً وسهولاً واسعة. وأمكنه أن يرقب ظلال الجبال تنمو وتتضاءل بتغير اتجاه أشعة الشمس، فاستطاع أن يثبت أن بعض هذه الجبال أعلى من البعض الأخر. ثم وجه منظاره بعدئذ إلى المشترى، فلاحظ لدهشته أن له توابع أربعة تدور حوله في بضعة أيام. والواقع أن للمشترى أقماراً أربعة في حين أن للأرض قمراً واحداً. وكان هذا الكشف الجديد مخالفاً للرأي القديم

المعمول به في تلك الأيام القائل بوجود سبع سيارات أو نجوم متحركة وهي الشمس والقمر وعطارد والزهرة والمريخ والمشتري وزحل.

واهتم دوق توسكانيا بأمر هذه الأقمار اهتماماً شديداً، أصر غاليليو إزاءه على تسميتها باسم أسرة الدوق، أسرة مدتشي **Medici**، وسميت فعلاً منذ ذلك الوقت بالنجوم المدتشية. ودعي غاليليو بعد ذلك بقليل لكي يشغل في بلاط دوقية توسكانيا بفلورنسا وظيفة الرياضي والفيلسوف، وهي وظيفة طالما تطلع إليها غاليليو لأنها تمكنه من مواصلة البحث ومتابعة الدرس.

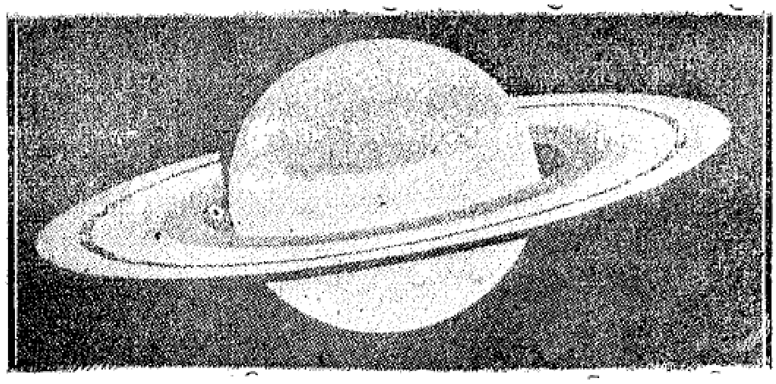
ولم يكن الاهتمام بأقمار غاليليو الجديدة وقفاً على إيطاليا بل إن البلاط الفرنسي إذ ذاك اهتم بالأمر غاية الاهتمام. وكانت ملكة فرنسا إذ ذاك من أسرة مدتشي، تزوجت هنري الرابع ملك فرنسا في ذلك الوقت. ويقول الرواة إنه لما وصل منظار غاليليو إلى القصر الملكي تاقت الملكة إلى رؤية القمر به على الفور، دون أن تنتظر إعداده في المكان المناسب، بل "جثت على ركبتيها أمام النافذة، الأمر الذي أدهش الإيطالي الذي حمل إليها المنظار".

وبعد ذلك تسلم غاليليو خطاباً من البلاط الفرنسي جاء فيه "أما الطلب الثاني الذي ألح عليك فيه فهو أن تسمي النجم الجديد الجميل الذي تستكشفه باسم نجم فرنسا الأكبر، بل أسطع نجوم الأرض قاطبة، وأقصد به هنري، وهنري فقط لا هنري دي بوربون. فإن أنت فعلت ذلك فإنك تكون قد أديت الحق والواجب وأصبت السداد، وهذا عدا ما تحرز من شهرة وما تكتسب لنفسك وذويك من مال وفير. وأؤكد لك بشرفي أنك ستصيب مالاً وفيراً. وعلى ذلك فرجائي أن تستكشف بأسرع ما يمكن جرماً سماوياً لكي تطلق عليه اسم صاحب الجلالة الملك". وكتم غاليليو أمر هذا الخطاب، ولم يظهره إلا بعد أن مات هنري الرابع مقتولاً، وكان يريد أن يقتبس منه ما ظنه شرفاً له ولاستكشافه

العظيم.

ولكن ما الذي قاله بهذا الصدد طلبة المدرسة القديمة الأرسطية وأساتذتهم؟ لقد حاولوا أن يبرهنوا بطرائقهم الملتوية أن هذه السيارات الجديدة لا وجود لها. وإليك حجة كبير الفلكيين بينهم؛ فلكي يثبت أن السيارات سبع فقط نراه يقول إن برأس الإنسان سبع فتحات: عينان، وأذنان، ومنخران، وفم واحد، وتوجد سبعة فلزات وسبعة أيام في الأسبوع، وعلى ذلك فلا توجد إلا سبعة كواكب سيارة. ومن حججه أيضاً أن الكواكب السيارة المزعومة لا تراها العين العارية فلا تأثير لها إذن في الأرض، ومادام لا يرجى منها نفع فهي إذن غير موجودة.

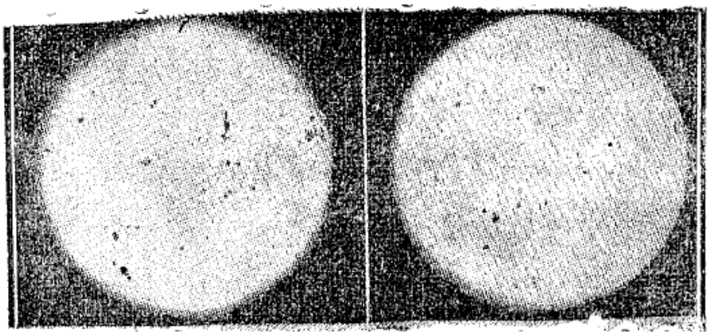
وقال غير هذا العالم الفذ إن هذه الكواكب السيارة الجديدة، ليس لها وجود لأن أرسطو لم يذكرها. ولم يرض هؤلاء الأساتذة أن يقتنعوا بوجودها رافضين أن يروها خلال المنظار. ولما بلغ غاليليو أن أحد هؤلاء الأساتذة العنيدين قد وافاه أجله قال: "إنه لم يشأ أن يرى وهو على هذه الأرض تلك الأجرام السماوية الضئيلة، فلعله يراها الآن وقد صعد إلى السماء!".



(شكل ٢٦) الكوكب السيار زحل وحلقاته

ومضى غاليليو يغزو السموات بمنظاره فوجهه إلى الكوكب الكبير زحل، وإذا به يرى عجيبة جديدة من عجائب السموات. ذلك أن الكوكب بدا له وكأنه إبريق أحاط به مقبضان. ولم يكن هذا معروفاً بالطبع حتى لغاليليو نفسه، غير أنه كان بلا نزاع أول من رأى زحل بمظهره البديع الضارب في الشذوذ.

ثم وجه غاليليو منظاره إلى الشمس وهي قريبة جداً إلى الأفق وضوؤها محتمل لا يبهر البصر، فلاحظ أن سطحها لا يضيء كله بدرجة واحدة، بل ترى فيه بقع سوداء قد تكون قريبة من حافة القرص، فتتحرك إلى أن تختفي عند الحافة الثانية، وتظل مخفية أسبوعين، ثم تظهر وهكذا؛ فأدى ذلك بغاليليو إلى القول بدوران الشمس حول محورها.



(شكل ٢٧) صورتان للشمس في يومين متتاليين تظهر فيهما البقع الشمسية وتثبتان دوران الشمس حول محورها

وبعد ذلك وجه غاليليو منظاره إلى الزهرة، فوجدها على نقيض كل ما أثير حولها من الآراء. وجدها تبدي أوجهاً كأوجه القمر، وأنها في بعض الأحيان تظهر في السماء على شكل هلال. ولم يبد المشتري ولا زحل رغم تغير مظهريهما على شكل هلال أبداً، ففسر غاليليو ذلك بأن هذه الكواكب تدور كلها حول الشمس، وأن الزهرة تدور على بعد أصغر من بعد الأرض، وأن

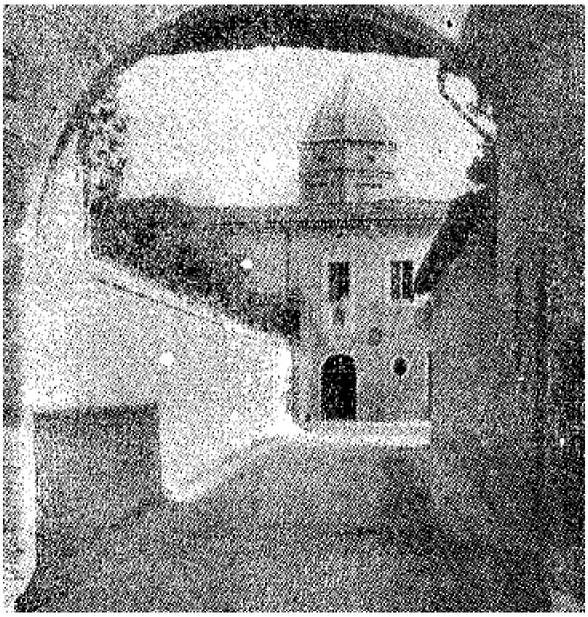
الكواكب الأخرى تدور على بعد أكبر من بعد الأرض.

اختلاف مع الكنيسة

وكان الرأي السائد في زمن غاليليو هو رأي بطليموس القائل بأن الأرض ساكنة وأن الشمس والكواكب السيارة كلها تدور حول الأرض، وقد رأى فلاسفة ذاك الزمان أن يبرروا هذا الرأي بمقتبسات من الكتاب المقدس فهموها على غير حقيقتها، مشيرين مثلاً إلى ما جاء فيها بخصوص يوشع من أنه أمر الشمس أن تستقر!!

ولقد رد غاليليو على ذلك بأن الكتاب المقدس لم يقصد منه أن يعلم الناس كيف تسير السموات، بل كيف يسيرون هم إلى السماء. وأنه إنما أنزل لإرشاد الناس لأمور دينهم ودنياهم، ولم يقصد منه أن يكون كتاباً علمياً، وأن الطريقة الوحيدة التي تصل بنا إلى الحقيقة العلمية الخالصة تنحصر في مشاهدة الظواهر والبحث عن أرجح التفسيرات لها. ولكنه مع كل ذلك لاقى معارضة شديدة، وأبى بعض معارضيه أن يصدقوا أنظارهم كما مر بنا قائلين إن المنظار إنما يقتصر نفعه على رؤية الأجسام التي توجد في البر أو في البحر، أما إذا وجه إلى النجوم فإنه يضل الرائي. وأبى بعضهم كل الإباء أن ينظر فيه!!

وكتب غاليليو لصديقه كبلر بخصوص أحد معارضيه. قال: "كم كنت أود يا عزيزي كبلر أن تشاركني الضحك الشديد. فهنا في بادوا أستاذ الفلسفة الكبير. طلبت إليه وألحفت في الطلب أن ينظر إلى القمر والكواكب خلال منظاري، ولكنه رفض طلبي بشدة. فيا ليتك كنت معي هنا، إذ لو كنت معي لما وسعك إلا أن تضحك ثم تضحك لهذا الجنون العجيب. وعدا هذا كنت تسمع معي أستاذ الفلسفة هذا وهو يجهد نفسه في الإدلاء بحججه المنطقية، كأنما يريد بتعاويذه أن يسحر هذه الكواكب الجديدة فيخرجها من السماء".



(شكل ٢٨) منزل غاليليو

وراح غاليليو محاضرات في رأي كوبرنيق القائل بدوران الأرض والكوكب السيارة حول الشمس؛ فاستدعته محكمة التفتيش في روما وأمرته بالكف عن نشر هذه الآراء، وأصدرت أمراً بتحريم القول بتحرك الأرض حول الشمس. ولكنه لما نشر سنة **١٦٣٢** كتابه في رأي كوبرنيق "استدعي مرة أخرى إلى روما وسجن وأهين، وخير بين التوبة أو العذاب. فاختار أهون الشرين، وارتدى ثياب التوبة، وركع في رهط من الكرادلة ويده على الكتاب المقدس، وتاب وأناب، وتعهد بأن يؤدي كل ما يفرض عليه من الكفارة لينال الغفران فتليت توبته في الجامعات، وسجن مدة في سجن محكمة التفتيش، ثم أطلق سراحه على شرط أن يلازم منزله ولا يقابل أحداً. وعلى الرغم من كل ذلك، وما لاقاه من متاعب أخرى، فإنه لبث يفكر ويبحث حتى ألف رسائله في علم الحركة، وهي التي تعد الآن أثمن ما خلفه من الأعمال إذ سبق فيها نيوتن إلى كثير مما ينسب إليه

عادة". وكان قد بلغ السبعين إذ ذاك. وقضى بقية أيامه يبحث في الرياضيات وفي اختراع بندول الساعة كما مر بنا. وذهبت قصة غاليليو مثلاً أعلى للعالم العبقري الصادق من جهة، ولسوء تطبيق العلم على الدين أو الدين على العلم تطبيقاً أعمى من جهة أخرى.

على أن الأجيال التي تلت غاليليو قدرت الرجل حق قدره، وبررت تعاليمه، وساد الرأي القائل بدوران الأرض والكواكب حول الشمس، وقبله العلماء في جميع أنحاء الأرض. ولم يقف الأمر عند ذلك بل تعبد الطريق أمام العلم والعلماء، وصار البحث العلمي حراً لا يتقيد بآراء المدرسة القديمة وأغلاطها، وتبين الناس أنه لا يمكن أن يحال بين العقل والعلم بمثل هذه العراقيل والعقبات.

وفاته

وقضى غاليليو نحبه سنة **١٦٤٢**، وهي السنة التي ولد فيها العالم الإنجليزي الشهير سير إسحق نيوتن، وكأنما أرادت الأقدام ألا تحرم دنيانا من رسول علمي جديد يحمل رسالة العلم رافعاً علمها الخفاق، فيغزوا أصعاقاً علمية جديدة، ويقرب الأفهام خطوة أخرى صوب الحقيقة القصوى، فتمضي في كشف أسرار الطبيعة وخفاياها.

ولما مات غاليليو أبى أعداؤه على صحبه أن يدفنوه في مقبرة خاصة، ولم يسمح لهم فعلاً بذلك لكي يمنعوا حتى الاحتفال بجنازته احتفالاً شعبياً عاماً. وعدا هذا فقد أمر البابا ألا يقام له أثر يشيد بذكره. ولكن إيطاليا الحديثة أعادت الأمور إلى نصابها، إذ رأت أن تكرم الرجل وهو في مثواه. ففي سنة ١٨٤١– أي بعد وفاته بقرنين تقريباً– ابتنت كنيسة تخليداً لذكراه، ويقال إنها تكلفت أربعين ألفاً من الجنيهات، وأقام له العلماء منذ ذلك الوقت ثلاث

حفلات تكريمية لإحياء ذكراه: أولاها للاحتفال بمضي ثلاثمائة سنة على ميلاده، وثانيتها للاحتفال بمضي ثلاثمائة سنة على أولى محاضراته العلمية في جامعة بادوا، والأخيرة للاحتفال بمضي ثلاثة قرون على اختراع منظاره الفلكي. وتدل هذه الاحتفالات التذكارية الدولية على ما يدين به العالم الحديث لهذا العبقري العظيم الذي أدى رسالته العلمية خير أداء. وهكذا فليكن العلم وليكن العلماء، وإلا فعلى العلم والعلماء العفاء.

الفصل السابع

البارومتر

قسّم الفلاسفة الأقدمون الأشياء جميعها إلى عناصر أربعة: التراب والماء والهواء والنار، وكانوا يعتقدون أن كل ما نراه حولنا من المواد المنظورة يتألف منها مخلوطة بنسب متفاوتة. أما اليوم فقد وصل العلم إلى مغرفة اثنتين وتسعين مادة مختلفة سميناها عناصر، ونعلم الآن أن كان القدماء يسمونه تراباً ليس إلا خليطاً من نحو اثني عشر عنصراً من تلك العناصر ونحن حين نقول "عنصراً" فإنما نعني مادة لا يمكن الحصول عليها بخلط مواد أخرى، ولا يمكن أن نشقها إلى مادتين أو أكثر تختلف في الخواص. ومعلوم أن الماء يمكن أن ينحل إلى مادتين، وأن الهواء خليط من مادتين على الأقل. وأما النار فالمعروف الآن أنها تتألف من أجسام ساخنة لها قوام الهواء. وتسمى أمثال هذه الأجسام غازات. ومن الغازات غاز الاستصباح الذي تضاء به الشوارع، وغاز الأكسجين، وغاز الكربونيك وما أكثر ما استكشف اليوم من غازات.

وانتهى حديث العناصر الأربعة، وصرنا اليوم نقول بحالات المادة الثلاث، وهي الصلابة والسيولة والغازية. فإذا كانت المادة جامدة بعض الشيء، لا تنسكب ولا يكون لها منسوب مستو خاص إذا تركت لنفسها، فإننا نسميها صلبة. أما إذا سالت وملأت الإناء الذي تنسكب فيه وتشكلت بشكله، وظلت مع ذلك مرئية ملموسة فإننا نسميها سائلاً. وأخيراً إذا كانت المادة تملأ أي حيز تحل فيه، وتتمدد من جميع جهاتها إلى حيث شاءت، مادامت ظروفها مؤاتية، فإننا نسميها غازاً. وتتحول بالحرارة على وجه التقريب كل السوائل

ومعظم المواد الصلبة إلى غازات، ومن ثم كانت الحرارة سبباً في تعدد أصناف الغازات المعروفة في أيامنا الحاضرة.

ضغط الصلب وضغط السائل

ومن الفروق العظيمة بين الصلب والسائل أن الصلب إذا ترك لنفسه فإنه يضغط على ما يكون تحته من الأشياء، في حين أن السائل عدا ذلك يضغط جانبياً وإلى أعلى، أي أنه يضغط في جميع الجهات. وفي هذا الصدد يشترك الرمل الرفيع في خواص كل من الصلب والسائل. فإنك إذا أخذت عوداً من الغاب أو أي عود آخر أجوف مماثل، ثم وضعته في صندوق من الرمل وضعاً رأسياً، وملأت تجويفه رملاً حتى غص به، فإنه يتحطم. وهذا يدل على أن الرمل يستطيع أن يضغط جانبياً. ولكن كلما خشنت حبات الرمل وكبر جرمها قل ضغطها الجانبي. أما إذا كان الرمل ناعماً جداً متناهياً في النعومة، فإنه يضغط في جميع الجهات. ولو أنك حصلت على رمل أنعم ألف مرة من أنعم رمل معروف لحصلت على مادة إذا ضغطت على سطحها أقل ضغط انتقل إلى جميع أجزائها؛ أي أنك في الحقيقة تكون قد حصلت على سائل، أو شيء قريب جداً من السائل.

ويمكنك أن تثبت أن للماء ضغطاً في جميع الجهات بأن تجيء بمثانة صغيرة منفوخة، وتربطها في عصا طويلة، ثم تدفع بالعصا بالتدريج في وعاء به ماء، فتلاحظ أن المثانة تصغر كلما زاد عمقها في الماء. ثم هي في نفس الوقت تظل كرة تامة الاستدارة كالأصل، وهذا يدلك على أن الماء يضغطها من جميع الجهات لا من أعلى فقط، ولا من أسفل فقط، ولا من الجوانب فقط.

ويمكنك بطريقة أخرى أن تثبت أن للماء ضغطاً، وذلك بأن تغطي بقطعة من اللستك الرفيع المنبسط فوهة أنبوبة طويلة واسعة، ثم تربطها وهي كذلك

وتغمرها في الماء، فترى اللستك وقد تقوس إلى داخل الأنبوبة وزاد تقوسه وتجوفه كلما غمرت الأنبوبة في الماء. وهذا يدلك على أن الضغط يزيد بزيادة العمق. وهذا الضغط يظل كما هو لو أنك وضعت في الماء جسماً صلباً ما دمت تحتفظ بمنسوب الماء عينه. فالضغط الواقع على قعر إناء يبقى ثابت المقدار ما دام سطح الماء يظل في مكانه لا يعلو ولا يهبط. وإذا كان قعر الإناء ضعيفاً في جزء منه، فإنك تستطيع حماية هذا الجزء بأن تضع فوقه لوحاً رقيقاً من حديد مثلاً، على شرط ألا يكون ثمت ماء ما بين هذا الجزء الضعيف ولوح الحديد، إذ لو وجد أي قدر من الماء بين قعر الوعاء ولوح الحديد فإن هذا الماء يساعد على توصيل الضغط، وكأن لوح الحديد غير موجود بتاتاً.

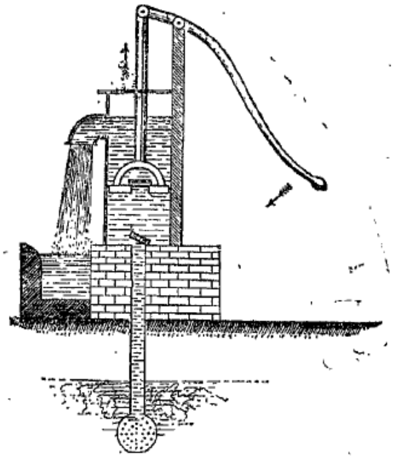
ولو أنك وضعت بدل لوح الحديد هذا كتلة من الحديد معلقة من أعلى، واحتفظت بمنسوب الماء فإن الضغط على قعر الإناء يظل كما هو دون تغيير. إذ الواقع أن ضغط الماء يتوقف على علو سطح أي على عمقه، سواء في ذلك اتسع سطح الماء أو ضاق. وقد كان استيفن **stevin** أول من استكشف ذلك. فقد كان مفتشاً على الأحواض والجسور والسدود في هولندا، وكانت طبيعة عملة تستلزم أن يلاحظ مقدار ضغط ماء البحر على السدود حتى لا يطغى عليها فيغرق السهول المنخفضة، فكان من عمله إذن أن يتأكد أن ضغط الماء لا يقوى على شق السدود ثم التدفق منها.

ضغط الهواء

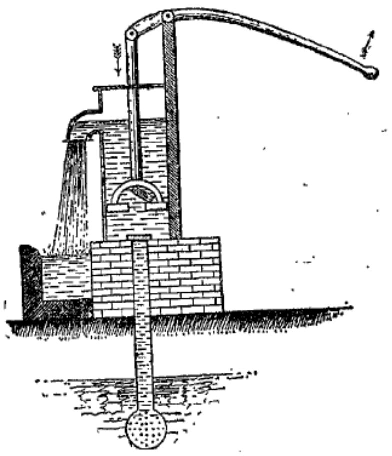
أما عن الهواء فقد أدرك قدماء الإغريق فعلاً أن له وزناً ما، ولكن ما كان يخطر ببالهم أن الهواء الذي يملأ حجرة يضغط على أرضها وعلى جدرانها وسقفها ضغوطاً قد تبلغ أطناناً. وما دامت السوائل تضغط في جميع الجهات كما مر بنا فلم لا يكون للغازات ضغط مثلها وهي متنافرة الأجزاء بطبيعتها؟

ولكنها ذلك ظل خافياً على الناس سنين وأجيالاً. وكان الإغريق يظنون أن الفضاء الخلاء، وهو ما يعبر عنه اليوم بالفراغ، غير موجود في دنيانا هذه، لأنها تفزع بطبيعتها منه وتسرع إلى ملء كل فضاء خلاء يحدث بأية مادة تكون قريبة منه. فمثلاً إذا سددت أنبوبة مفتوحة الطرفين بسداد محكم أو مكبس، ثم سحبت هذا السداد أو المكبس في اتجاه واحد داخل الأنبوبة اندفع الهواء متتبعاً هذا السداد أو المكبس. أما إذا سددت طرف الأنبوبة بسداد آخر، ثم سحبت السداد الأول ناحية الطرف المفتوح ما استطعت سحبه إلا بصعوبة. وإذا تركته ارتد إلى حيث كان.

فكان الإغريق يظنون أن هذه الصعوبة سببها كره الطبيعة للفضاء الخلاء وفزعها منه، ووجدوا أنهم إذا غطوا الأنبوبة بالإصبع ثم حركوا المكبس انضغط الإصبع في الأنبوبة، وإذن فطبيعة دنيانا هذه تأبى الفراغ، وهي شديدة الرغبة في ملء كل فراغ. وإذن فلتستخدم هذه الرغبة أو هذا الفزع في رفع الماء عن طريق إنشاء مضخات كتلك التي لا تزال تستعمل في أيامنا الحاضرة. فأنبوبة المص في المضخة تغمر في الماء، ثم يرفع المكبس فيرتفع الماء في الأنبوبة. ونجح الناس في رفع الماء بهذه الطريقة من عمق قدره ثلاثون قدماً، أو إلى ارتفاع قدره ثلاثون قدماً أي تسعة أمتار تقريباً. وظل الحال كذلك عدة قرون دون أن يزيد هذا القدر، ولعل سبب ذلك يرجع إلى أنهم لم يكونوا قادرين على إطالة الأنابيب أكثر من ثلاثين قدماً، فلم يتحدد بالضب الارتفاع الذي يرفع إليه الماء بمثل هذه المضخات.



(شكل ٢٩) مضخة الماء الماصة ومكبسها يرتفع



(شكل ٣٠) مضخة الماء الماصة ومكبسها ينخفض

فلما استطاع البعض في زمن غاليليو أن يصنعوا أنبوبة طولها أربعون قدماً ظنوا أنهم قادرون على رفع الماء إلى قمتها ولكنهم وجدوا لدهشتهم أنهم مهما شغلوا المضخة فإن الماء لا يمكن أن يرتفع إلى أكثر من ثلاثة وثلاثين قدماً، أي إلى ما يزيد قليلاً عن عشرة أمتار، وبدا لهم أنه عند هذا الارتفاع لا تفزع الطبيعة من الفضاء الخلاء، ولا من الفراغ أيا كان. فدلت هذه المشاهدة على أن هناك شيئاً غير صحيح بخصوص هذا الفزع الموهوم، وبدأ الناس يشكون في وجود شيء كهذا. ولقد استشير غاليليو نفسه في الموضوع، فقال بصعوبة إحداث الفضاء الخلاء أو الفراغ، وبأن لمشكلة "مقاومة الفراغ" حدوداً. ومات غاليليو قبل أن يصل إلى حل هذا المشكل، ولكن صحبه ومريديه من أتباعه وتلاميذه توفروا على حل هذه المسألة حتى وصلوا في النهاية إلى تفسيرها تفسيراً كاملاً شاملاً.

تجربة تورشيلي

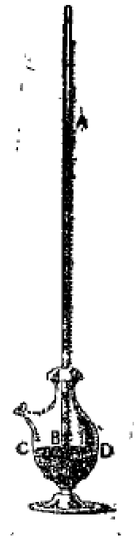
وكان العالم تورشيلي أشهر من خلف غاليليو من العلماء، وكان يقيم في

روما. قرأ تصانيف غاليليو وهو في السادسة عشرة من عمره، وألف هو نفسه كتاباً في الميكانيكا، واطلع غاليليو على هذا الكتاب فاستدعى مؤلفه الفتى إليه، وسأله أن يقيم معه في فلورنسا، ويقال إن عرى الصداقة قد توثقت بين الاثنين، وإن غاليليو لما تقدم به العمر وفقد بصره في آخر أيامه كان يجد في حديث صديقه الفتى سروراً خفف عليه كثيراً من آلام الحياة، ولما مات غاليليو رأى دوق توسكانيا أن يعين تورشيلي أستاذاً للرياضيات في الجامعة خلفاً لغاليليو.

ولم يمض على تورشيلي بعد ذلك زمن طويل حتى فكر في تجربة جديدة مدهشة بخصوص الفراغ. رأى أن يملأ أنبوبة بسائل ثقيل هو الزئبق بدل الماء، وتوقع أن تكون "مقاومة الفراغ" المزعومة في حالة الماء أكبر منها في حالة الزئبق بقدر أربع عشرة مرة تقريباً، أي أن الزئبق لا يرتفع في الأنبوبة ثلاثة وثلاثين قدماً بل حوالي ثلاثة أقدام. وتعب الرجل كثيراً في الحصول على أنبوبة زجاجية تلائم غرضه، لأن صانعي الزجاج في ذلك الوقت لم يكونوا قد عرفوا بعد كيف يصنعون أنابيب زجاجية متينة على الرغم من أنهم كانوا مهرة في صناعة الأواني الزجاجية بجميع أنواعها الأخرى. ولم يقم تورشيلي نفسه بعمل التجربة، بل قام بإجرائها أحد أصدقائه سنة ١٦٤٣، ثم شرحها تورشيلي في خطاب بعث به إلى صديق له في روما في السنة التالية. وما إن تسلم هذا الصديق ذلك الخطاب حتى بعث بمضمونه إلى صحبه في باريس، وشاع الأمر وأحدث شيوعه رجة في الأوساط العلمية.

وتلك كانت التجربة: ملئت بالزئبق أنبوبة زجاجية طولها ثلاثة أقدام، مغلقة عند أحد طرفيها بالطبع، ثم سد الطرف المفتوح بالإصبع بعد ملئها، وغمر وهو كذلك في زئبق موضوع في حوض. ولما رفع الإصبع انحدر بعض الزئبق الذي في

الأنبوبة إلى الحوض تاركاً وراءه عند قمة الأنبوبة – أي عند طرفها المسدود – فراغاً بلغ طوله حوالي نصف قدم، وبذلك كان ارتفاع الزئبق في الأنبوبة قدمين ونصف قدم تقريباً أي حوالي ستة وسبعين سنتيمتراً. ولما سمع العالم الفرنسي الشهير بسكال بهذه التجربة قال: "يخيل إلي أن الفراغ ليس مستحيلاً في الطبيعة، وأنها لا تنفر منه فزعة هذا الفزع العظيم الذي يتخيله البعض".



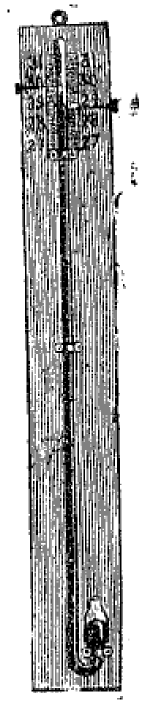
(شكل ٣١) بارومتر قديم

بقي بعد ذلك أن تعلل هذه المشاهدة العجيبة الفذة تعليلاً معقولاً، وسرعان ما وصل العلماء الإيطاليون والفرنسيون إلى تفسيرها تفسيراً صحيحاً مبنياً على الحقائق التي كانوا وصلوا إليها عند وصلهم أنبوبتين رأسيتين من أسفل ثم ملئهما بسائلين مختلفين، فقد وجدوا أن عموداً من السائل الثقيل منهما يوازن عموداً أطول منه من السائل الخفيف. وقالوا لو كان يمكن عمل أنبوبتين ارتفاع كل منهما مائة ميل مثلاً، فقد تصل كل منهما إلى نهاية الحد. فإذا تركت إحدى الأنبوبتين ملأى بالهواء ووضع في الأخرى بدل الهواء زئبق فإن عموداً

قصيراً من الزئبق يتزن مع عمود الهواء الطويل الموجود في الأنبوبة الأخرى، ويكون طول عمود الزئبق أقصر من طول عمود الهواء بنسبة خفة الهواء عن الزئبق. وتؤلف الأنبوبتان إذن مقياساً لإيجاد ضغط الجو، أي أنهما تؤلفان معاً بارومتراً. وكل تغير يحدث في الهواء الذي يملأ إحدى الأنبوبتين يمكن الاستدلال عليه فوراً بارتفاع أو انخفاض عمود الزئبق المتزن في الأنبوبة الأخرى مع عمود الهواء. وإذن يمكن قياس الضغط الجوي.

قياس الضغط الجوي

وظاهر أنه في البارومتر يكفي أن تغلق الأنبوبة المشتملة على الزئبق عند ارتفاع ثلاثة أقدام منها، لأن الأمر لا يحتاج هنا لأنبوبة ارتفاعها مائة ميل أو أكثر، وكذلك لا داعي لأنبوبة طويلة في الجانب الآخر. فلقد رأينا مما مر بنا أن ضغط السائل يتوقف على ارتفاع سطحه فقط. ولما كان اتساع الأنبوبة لا تأثير له البتة فإن أنبوبة الهواء يصح أن تكون واسعة بالقدر الذي نريده، أو بعبارة أخرى، يصح أن نزيلها بتاتاً من الجهاز، لأن ذلك يساعد على عدم دخول فقاقيع الهواء في الفراغ الذي بأعلى الزئبق. وهذا يمكن الحصول عليه بثني الجزء الأسفل من أنبوبة الزئبق، ثم يجعلها تتجه بفوهتها إلى أعلى مرة أخرى. فالزئبق إذن يرتفع في الأنبوبة الطويلة ويكون منخفضاً في القصيرة، ويقاس ضغط الهواء الواقع على سطح الزئبق في الأنبوبة القصيرة بإيجاد الفرق بين سطحي الزئبق في الأنبوبتين.



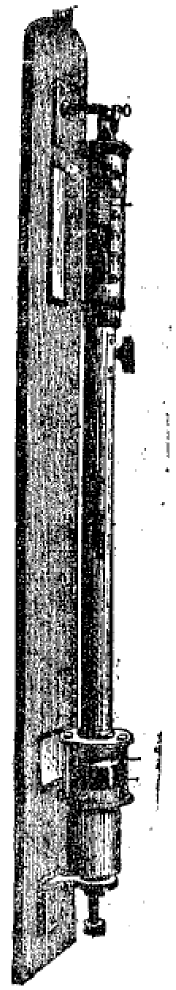
(شكل ٣٢) بارومتر ذو ممص ملتوي الأنبوبة

ويكون الأمر أسهل بالطبع لو دل سطح الزئبق نفسه على ضغط الهواء، وهذا يمكن الوصول إليه بغمر الطرف الأسفل لأنبوبة الزئبق في إناء كبير مملوء بالزئبق، بحيث لا يتأثر سطحه تأثيراً بليغاً إذا ما سال جزء قليل من الزئبق من الأنبوبة أو دخل فيها جزء قليل. فإذا درجت الأنبوبة أمكن تعيين الارتفاع بمجرد النظر. على أن القياس المضبوط إنما يحصل عليه بإيجاد البعد الرأسي بين سطحي الزئبق في الأنبوبة والإناء. وهذا الجهاز البسيط هو في الواقع البارومتر الزئبقي الحديث.

وكان تورشيلي نفسه يدرك أهمية تجربته، فكتب يقول: "لا أريد فقط أن أوجد فراغاً، بل أريد أن أصنع آلة تبين تغيرات الهواء الذي يكون يوماً ما ثقيلاً

كثيفاً ويوماً آخر خفيفاً لطيفاً".

وقال بسكال إنه إذا كان ضغط الهواء هو الذي يرفع الزئبق أسفل الفراغ، فإن الزئبق الموجود في البارومتر يجب أن يكون أقصر عند قمة جبل منه عندما يكون على الأرض قريباً من سطح البحر، وسأل صهراً له يقيم في جنوب فرنسا، أن يأخذ بارومتراً ويصعد به على جبل عال. فلما فعل ذلك وجد أن عمود الزئبق قد هبط ثلاث بوصات، لأن جزءًا من الهواء يضغط على الزئبق وهو في هذا العلو. وقد قال كل من شاهدوا إجراء هذه التجربة "إن هذا قد ملأنا سروراً وإعجاباً" وأخذ بسكال مثانة غير مملؤة تماماً بالهواء، وصعد بها على جبل، فوجد لدهشته أن المثانة جعلت تنتفخ شيئاً فشيئاً أثناء الصعود حتى انتفخت تماماً عند القمة، فلما هبط بها عادت إلى سابق أمرها رخوة غير مشدودة. وقد دلت هذه النتيجة على أن الضغط الذي لم يكن كافياً لنفخ المثانة عند الأرض استطاع أن يقاوم ضغط الهواء ويتغلب عليه عند قمة الجبل.



(شكل ٣٣) بارومتر فورتن

ووجد نفر لم يستطيعوا أن يصدقوا أن ضغط الهواء هذا العمود من الزئبق مقاوماً فعل الجاذبية، لأن مادة الهواء لطيفة لا تستطيع ذلك، وقالوا إن عمود الزئبق الذي طوله ثلاثون قدماً يضغط بقوة تساوي ثقل خمسة عشر رطلاً كل بوصة مربعة من السطح الذي يحمله، وبذلك يكون ضغط الهواء الواقع على جسم الإنسان مساوياً عدة أطنان. وهذا كثير لا يحتمله جسم الإنسان بأي

حال. ولكن مخترعي البارومتر ردوا عليهم قائلين إن هذا الضغط الهائل يقع فعلاً على جسم الإنسان، ولكنه يتزن مع ضغط الهواء الموجود في داخل الجسم، ومن لا يشعر الإنسان بأي ضيق البتة من جراء ضغط الهواء.

ومما يضحك أن أحد فلاسفة ذلك الزمان ادعى أن الزئبق ترفعه خيوط غير منظورة مدلاة من قمة الأنبوبة، لأنه إذا سد أحد هذه القمة بإصبعه شعر بهذه الخيوط تشد إصبعه شداً!! على أن هذا الضغط المنكور قد ثبت وجوده أوضح على يد عالم أيرلندي اسمه روبرت بويل، إذ أنه برهن على أن الهواء المحبوس إذا انكمش لنصف حجمه تضاعف ضغطه فصار ثلاثين رطلاً على البوصة المربعة الواحدة.

الفراغ والضوء والصوت

وكان الفراغ الذي بأعلى عمود الزئبق موضع غرابة لدى مستكشفيه، فهو في نظرهم فضاء خلاء تماماً من كل مادة، وهو من جهة أخرى أول فراغ من نوعه وصلوا إليه، ويبدو لهم كأنه هواء، أو هو شفاف مثله، ومن ثم اتضح لهم أن الضوء لا يجدد صعوبة في السير خلال الفضاء الخلاء. وقد أدى ذلك إلى التفكير فيما إذا كان الصوت يستطيع أيضاً أن يسير وينتشر في الفضاء الخلاء. وفعلاً حاول المجمع العلمي التجريبي الذي تأسس في روما بعد وفاة غاليليو أن يستكشف بعدة طرق ما إذا كان الصوت ينتشر في الفراغ أم لا. ولم يصلوا إلى قرار حاسم في الموضوع. فالناقوس الصغير الذي أدخلوه في الفراغ الذي أحدثوه، معلقاً في خيط، جعل يدق وهم يسمعون دقاته. والصوت في هذه الحالة قد يكون انتقل بسهولة عن طريق الخيط إلى الزجاج، وبذلك لم تثبت التجربة شيئاً. ولم يستقر الرأي في هذا الخصوص على الحقيقة إلا بعد أن اخترعت مفرغة الهواء، وثبت أن الصوت لا ينتشر في الفراغ.



(شكل ٣٤) البارومتر المعدني ذو وجه الساعة

وأصبح البارومتر الآن من الأشياء العادية التي ترى حتى في بعض المنازل للدلالة على الجو، فإذا ما انخفض زئبقه بسرعة دل ذلك على اقتراب هبوب عاصفة، واتخذ البحار حيطته فآوى إلى مرفأ أو أسرع إلى عرض البحر بعيداً عن صخور الشواطئ؛ ونرى اليوم كل سفينة تسبح في البحر أو على متن الهواء مجهزة ببارومتر، ولكنه بارومتر لا يشترط فيه أن يكون زئبقياً. والبارومتر المستعمل الآن هو البارومتر ذو وجه الساعة وذو العقربين الداخلي والخارجي. والداخلي منهما يعين موضع زميله الخارجي في أي وقت، فيحركه يميناً أو شمالاً إذا ما ارتفع الضغط أو انخفض. وهذا العقرب الداخلي تحركه آلة في صندوق فلزي هواؤه. فبتفاوت ضغط الهواء شدة وضعفاً على غطاء الصندوق يتحرك العقرب الداخلي فيتحرك الخارجي على الميناء. وصار في الإمكان التنبؤ بحالة الجو واتخاذ الحيطة اللازمة، والفضل في ذلك كله للبارومتر الذي هو أحد كشوف علم الفيزيقا. وكم لعلم الفيزيقا على الإنسانية من أفضال وحسنات.

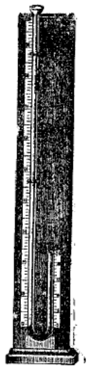
الفصل الثامن

مفرغة الهواء

كان من رأي غاليليو أن تصاغ النظرية أولاً، ثم توضع بعدئذ موضع الاختبار التجريبي، أي أنها تختبر عملياً عن طريق التجارب. ويرى غيره عكس ذلك، أي تجرى أولاً تجارب كثيرة، ثم من نتائجها يصح أن تستخلص قاعدة عامة تصاغ في عبارة خاصة، وتسمى عندئذ نظرية. وكان روبرت بويل من الطراز الثاني القائل بالتجربة أولاً ثم بالنظرية ثانياً. وهو أيرلندي اشتهر في غير ميدان الكيمياء ببحوثه الفيزيقية فيما سماه "نابض الهواء" أو "زنبرك الهواء"، يريد به الضغط الذي يستطيع أن يحدثه الهواء المحبوس المكبوس. جاء هذا العالم بأنبوبة زجاجية طويلة ثم ثناها فصارت ذات شعبتين، طويلة مفتوحة وقصيرة مغلقة. ثم صب فيها زئبقاً بحيث احتوت شعبتها القصيرة على قليل من الهواء المحبوس الذي انضغط بسبب الزئبق الموجود في الشعبة الطويلة. وجعل يصب زئبقاً في الشعبة الطويلة على دفعات، وفي كل مرة كان يلاحظ أن الفضاء المشتمل على الهواء يصغر كلما زاد ضغط الزئبق. والواقع أنه وجد أن الهواء يسلك إلى حد كبير مسلك النابض أو الزنبرك المرن الذي ينفرط ثم يضغط أو الذي يمتد ثم ينكمش.



(شكل ٣٥) روبرت بويل



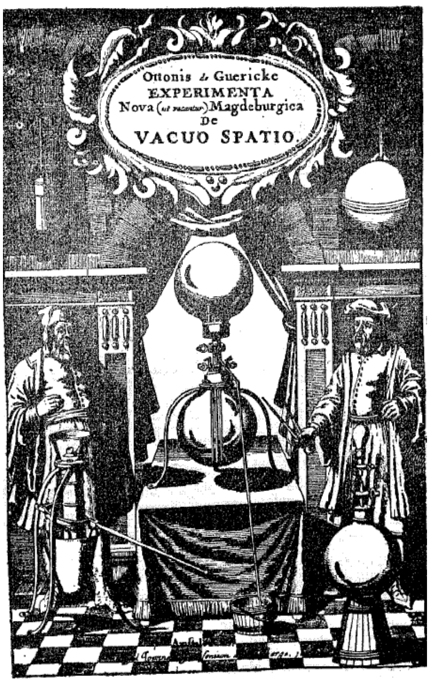
(شكل ٣٦) أنبوبة بويل

أوتو فون جبريك ومحاولاته

وبعد أن أجرى بويل تجارب كثيرة من هذا النوع علم بظهور جهاز ابتكره ألماني ثم أجرى به تجارب عجيبة مدهشة جداً. واسم هذا الألماني أوتو فون جيريك من أسرة كبيرة في مجدبورج. تلقى العلم في جامعات ألمانيا ثم في ليدن، ثم

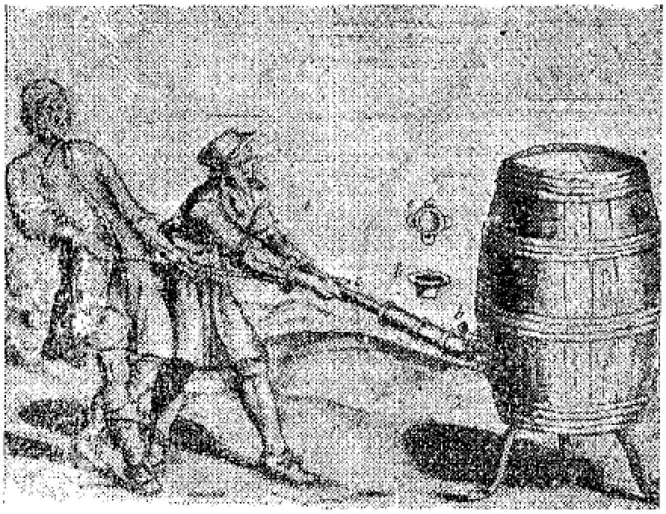
سافر بعدئذ إلى إنجلترا وفرنسا. ولما اكتسحت مجدبورج سنة ١٦٣١ خلال حرب الثلاثين سنة، فر هو وأسرته ناجين بأنفسهم. ثم التحق بعدئذ بجيش جستاف أدولف يعمل فيه كمهندس. وفي سنة ١٦٤٦ عين حاكماً لبلدة مجدبورج. وكان جيريك هذا يبحث في النجوم، يريد أن يعرف ما هي، وكيف تسبح في هذا الفضاء. وكان يعتقد أنها لا تسبح في هواء كهواء هذه الأرض، لأنها لو كانت كذلك لقاوم الهواء سيرها وأوقفها على مضي الزمن. وظن أنه لكي يصل إلى معرفة حقيقية حركتها لا بد له أولاً أن يوجد فضاء كذلك الفضاء الذي تسبح فيه هذه الأجرام السماوية، وكان يرى أن هذا الفضاء لا بد أن يكون خلاء فارغاً من كل مادة. ومن ثم حاول أن يوجد هذا الفضاء الخلاء أو الفراغ كما نسميه الآن.

وكانت أولى طرائقه في هذا الصدد غريبة كل الغرابة. أخذ برميلاً كبيراً من الخشب محكم الجدران، ليست به إلا فتحة واحدة فقط، ثم ملآه ماء. ووصل هذه الفتحة بمضخة مائية، وحاول بكل ما أوتي من قوة أن يخرج الماء من البرميل عن طريق المضخة. وكان هذا أمراً صعباً جداً لم يكن يتوقعه، لأن الهواء جعل يضغط على الماء بمعدل خمسة عشر رطلاً على كل بوصه مربعة، أو كيلو جرام وبعض جرامات على كل سنتيمتر مربع، ومن ثم بقي الماء في جوف البرميل. ولو كانت الفتحة غير محكمة السد لاندفع الهواء إلى داخل البرميل من خلال هذه الفتحة نفسها. ولكن جيريك منع تسرب الهواء إلى داخل البرميل بتاتاً، ولهذا جهد كثيراً في تفريغ الماء، ولو كان استطاع أن يفرغ الماء كله لما كان ثمت شك في أن الماء قد ترك وراءه في البرميل فراغاً.



(شكل ٣٧) أوتوفون جيريك ومفرغته على يسار الصورة من أسفل وفي يمين الصورة من أسفل توجد الكرة التي استخدمت لإيجاد وزن الهواء وفي يمين الصورة من أعلى نصفا كرة مجدبورج

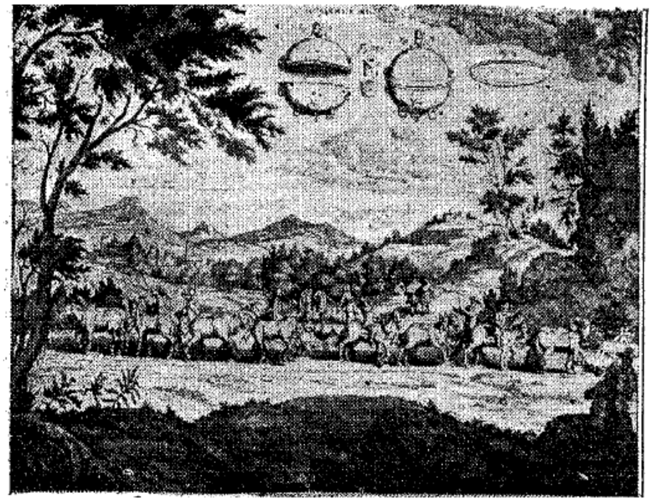
وقد نجح فعلاً في إخراج جزء كبير من الماء بتشغيل المضخة بكل ما أوتيه من قوة، ولكنه كان كلما تدفق الماء يسمع صوت قرقرة سببه دخول الهواء من بين القطع الخشبية المكونة لجدار البرميل، إذ كانت غير محكمة التركيب فلم تستطع صد الهواء عن اقتحام البرميل. فخطر له أن يضع برميلاً داخل برميل، ولكنه لم ينجح كما كان يرجو لأنه استمر يسمع صوتاً كفحيح الأفعى أو شقشقة الطير. واستمر في تجربته هذه عدة أيام كان البرميل في خلالها قد امتلأ بالهواء. فاقتنع جيريك بأنه لن يستطيع الحصول على الفضاء الخلاء مادام يستخدم في تجربته برميلاً من الخشب.



(شكل ٣٨) جيريك يفرغ الماء من البرميل

ومن ثم جرب تفريغ كرة مصنوعة من النحاس الرقيق المطروق. واشتغل ثلاثة رجال في تفريغ هذه الكرة من الهواء، وما كاد معظم الهواء يخرج منها حتى انفجرت، وأحدث انفجاراً دوياً كبيراً، وذلك لأن ضغط الهواء الخارجي حطمها تحطيماً. فصنع كرة أخرى من النحاس السميك وقسمها نصفين تفصلهما حلقة من الجلد المنقوع في مخلوط من الشمع وزيت الطورمنتينا. وتلك هي كرة مجدبورج الشهيرة في كتب "الطبيعة" وقد سميت باسم المدينة التي أجريت فيها التجربة. فلما فرغت هذه الكرة من الهواء لصق نصفاها معاً لصوقاً شديداً، ولم يستطع أحد أن يفصلهما. ولكن لما ترك الهواء يملأ جوف الكرة، وذلك بفتح صنبور مركب في أحد النصفين، انفصلا بسهولة. وأجريت هذه التجربة ذات يوم أمام إمبراطور ألمانيا إذ ذاك وكبار رجال الدولة، واستطاعوا في هذه المرة أن يفصلوا النصفين بعد تفريغ الهواء ولكن باستخدام ستة عشر جواداً من كرام الخيل ربط ثمانية منها في نصف والثمانية الأخرى في النصف الآخر. وكانت هذه التجربة أشبه بشد الحبل، وإنما بين الخيول لا بين الرجال. وقدروا قوة

اتصال النصفين يومذاك بما يعدل وزن طن. ولا تخلو اليوم المعامل المدرسية من نصفي كرة مجدبورج.

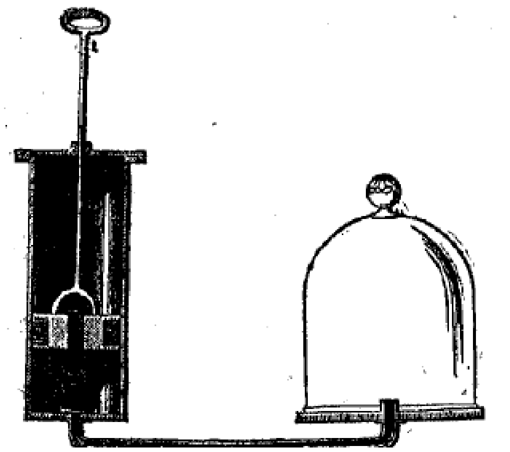


(شكل ٣٩) نصفا كرة مجدبورج بعد التفريغ يحاول فصلهما ستة عشر جواداً

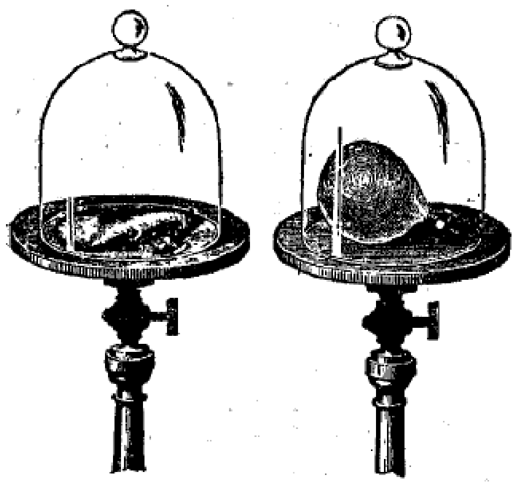
تجارب بويل

ولما سمع بويل بهذه التجارب أعد مفرغة للهواء تركب فوق أنبوبتها الماصة كرة من الزجاج المتين ذات فتحة من أعلى يغطيها سداد. وكانت لهذه الكرة من أسفل رقبة أسطوانية هي التي تركب على أنبوبة المص، وبهذه الرقبة صنبور، فكانت إذن ترفع بسهولة كلما أريد رفعها. وبدأ بويل يجري ما شاء من التجارب. فأدخل في الكرة مثانة صغيرة مغلقة تشتمل على قليل من الهواء ثم أدار المفرغة. فوجد أن المثانة انتفخت على الفور، وجعل انتفاخها يتزايد حتى انفجرت. وواضح أن انفجارها نشأ عن زيادة ضغط الهواء الموجود بالكرة وتغلبه عليها. وجاء بكأس مملؤة ماء، ثم أدخلها في الكرة وفرغ هواءها. فوجد لدهشته أن الماء بدأ يغلي، وظهرت الفقاقيع على الرغم من أن حرارة الماء لم

تبلغ درجة الغليان. فظن بويل أن الماء يمكن أن يتحول إلى هواء. ولكنه كان في ظنه هذا مخطئاً، لأننا نعلم الآن أن البخار يتصاعد من الماء متى قل ضغط الهواء الواقع على السطح، حتى إذا كانت درجة الحرارة منخفضة. ووجد بويل أن لسقوط الماء في الفراغ المزعوم صوتاً يشبه صوت سقوط الجسم المعدني.



(شكل ٤٠) مفرغة بابن



(شكل ٤١) المثانة المشتملة على قليل من الهواء تنتفخ إذا وضعت في ناقوس الآلة المفرغة متى فرغ هواؤه

ولما أدخل دنس بابن الفرنسي التحسين الأخير على مفرغة الهواء، أجرى تجارب على المثانة المشتملة على قليل من الهواء حينما توضع في ناقوس الآلة المفرغة. وكانت تجاربه هذه أولى خطواته في سبيل اختراع الآلة البخارية التي ينسب اختراعها خطأ إلى جيمس وات الإنجليزي، مما سنفصله عند الكلام على الآلة البخارية ومخترعها.

مفرغة جيريك

وفي الوقت الذي أتم فيه بويل اختراع مفرغته كان جيريك منهمكاً في تحسين مفرغته، وسرعان ما استطاع أن يفرغ بها بعد إصلاحها معظم الهواء الذي يكون موجوداً في الإناء المراد تفريغه، غير تارك إلا جزءًا واحدًا فقط من ثلاثين جزءًا منه. ثم نجح بعدئذ في إثبات أن الفراغ لا يسمح بانتقال الأصوات فيه، وذلك بأن وضع ساعة في الإناء الذي أراد تفريغه، وكان كلما مضى في تفريغ الهواء تضاءل صوت دقات الساعة شيئاً فشيئاً إلى أن انعدم تقريباً. وكان يرى أن تأثير امتصاص الفضاء الخلاء للغازات التي تقترب منه من الشدة بحيث إذا زفر شخص في فراغ كبير زفرة واحدة كانت هذه الزفرة آخر أنفاسه، ومن لطيف ما يروى عنه عند تفريغه كرة مجدبورج بمفرغته الجديدة أنه قال:—

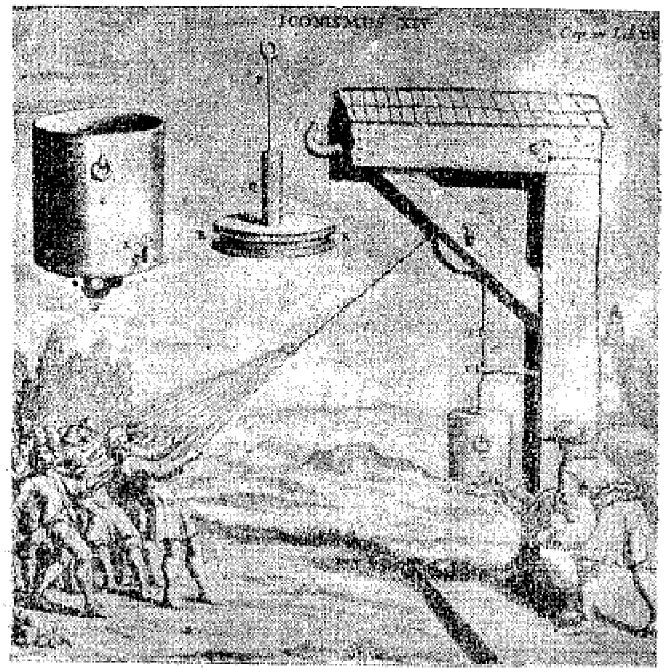
"عند فتح صنبور الكرة النحاسية بعد تفريغها اندفع الهواء إلى داخلها بقوة عظيمة وكأنما أراد أن يسحب معه إلى داخلها الشخص القريب منها. ولو أنك لفت وجهك نحوها وأنت على بعد ما منها لانسحبت أنفاسك إليها. والواقع أنك لا تستطيع أن تقرب يدك من الصنبور دون أن تتعرض لخطر اندفاعها بشدة إلى داخل الكرة".

وأبى كبير قواد ألمانيا إذ ذاك أن يصدق ما يقوله جيريك عن مفرغته، فأراد أن يقنعه بطريقة أخرى. وذلك أنه صنع أسطوانة نحاسية يتحرك في داخلها

مكبس محكم الوضع لا ينفذ الهواء بتاتاً، ثم ربط هذا المكبس بحبل يمر على بكرة ملساء، وربط بالطرف الخالص للحبل عشرين حبلاً أخرى، وأمسك بكل حبل منها رجل قوي عضل. ثم شد الرجال الحبال، فارتفع المكبس حتى بلغ قمة الأسطوانة. وكان جيريك قد ثقب الأسطوانة من أسفلها. فلما جاء بكرته المفرغة، وأدخل رقبتها الرفيعة في هذا الثقب، ثم فتح صنبورها الذي كان مغلقاً، اندفع هواء الأسطوانة إلى داخل الكرة، وبعبارة أصح، دفع هذا الهواء بقوة الهواء الخارجي. وكانت قوة الاندفاع من الشدة بحيث هبط المكبس جاذباً إليه أولئك الرجال الأقوياء العشرين المسكين بالحبال، ولم يستطيعوا الاحتفاظ بالمكبس في مكانه في أعلى الأسطوانة.

ومن الغريب أن جيريك ظل طيلة هذا الوقت كله يجهل التجارب التي كان أجراها في إيطاليا بورشيلي تلميذ غاليليو، وقد مر بنا ذكرها في الفصل الماضي. ولو أنه كان سمع بها لحاول أن يحصل على فراغ تام عن طريق الزئبق كما كان يعمل تورشيلي، وكما يحدث الآن، ولكن جهازه يفضل من بعض الوجوه جهاز الايطاليين، فإن هؤلاء لما أرادوا أن يعرفوا ما إذا كانت الحيوانات تستطيع أن تتنفس في الهواء المخلخل، أي الهواء الذي فرغ بعضه، جاءوا بطيور بعض حيوانات أخرى صغيرة، ثم أدخلوها في الفراغ الموجود بأعلى عمود الزئبق، فوجدوا بالطبع أن الحيوانات لم تستطع أن تعيش، أولاً لأن الهواء ضروري للتنفس، وثانياً لأن تكوين جسومها قد اضطرب بل تقوض من جراء ضغط الهواء الموجود في جوفها، والذي لم يجد ما يوازنه من الهواء الخارجي، ولكن أمثال هذه التجارب وغيرها من تجارب الاحتراق يمكن إجراؤها بشكل أتم وأحسن باستخدام مفرغة الهواء التي صنعها جيريك، وإن يكن لا يعزب عن البال أن إجراء أمثال هذه التجارب لآن على الحيوانات أصبح غير ضروري،

لأننا نعلم أن الهواء لازم لحياة الحيوان كما هو لازم لحياة الإنسان، فإذا حرم منه ما استطاع أن يعيش.



(شكل ٤٢) ضغط الهواء على المكبس يتغلب على عشرين رجلاً

وتحقق الناس بعد ظهور مفرغة الهواء أن دنيانا هذه إذا فقدت هواءها أصبحت كرة بليدة لا حياة فيها، فلا إنسان ولا حيوان ولا مزروعات. والواقع أننا في قاع خضم من الهواء بعيد الغور هو من ألزم لزوميات الحياة.

وقد أدى اختراع مفرغة الهواء إلى اختراعين عظيمين، هما الآلة البخارية والمنطاد، مما سنفصله فيما سيجيئ من الفصول.

الفصل التاسع

نيوتن

في بلدة جرانثام، إحدى البلاد الريفية الإنجليزية، أثناء هبوب تلك العاصفة الهائلة التي اجتاحت إنجلترا عقب وفاة المصلح الإنجليزي الكبير أوليفر كروميل، كان يرى صبي يلعب وحده لعباً عجيباً يلفت النظر. كان يدير ظهره للريح الشديدة ثم يقفز قفزة طويلة بطبيعة الحال، ثم يدير بعدئذ وجهه للريح ويقفز مرة أخرى قفزة أقل طولاً من سابقتها بالطبع. وكان في كل مرة يقيس طول القفزة، لأن هذا القياس كان في نظره خير وسيلة لقياس قوة هبوب الريح.

لم يكن هذا الصبي غير إسحق نيوتن الذي نبه ذكره فيما بعد، والذي نبغ في العلوم الرياضية والطبيعية، واستطاع أن يقيس لا قوة الريح فقط بل القوة التي تجعل الكوكب السيار ينزع إلى البقاء أبداً في فلكه لا يحيد عند شعرة.



(شكل ٤٣) تمثال نيوتن في كمبردج

ولد نيوتن سنة ١٦٤٢، وهي السنة التي مني فيها العالم العلمي بوفاة أحد عباقرته ونقصد به غاليليو. وكانت ولادته في ضيعة وولسثورب بالقرب من جرانثام في لنكولنشير. وكانت هذه الضيعة ملكاً لذويه، مضى عليهم فيها ما يزيد على مائة عام. ولكن دخلها كان ضئيلاً لا يتعدى ثلاثين جنيهاً في العام. ومات أبوه ولم يكتمل من العمر ستة وثلاثين ربيعاً، وكانت وفاته عقب زواجه من أمه ببضعة شهور. فهو إذن قد ولد يتيم الأب، لم تكتحل عيناً أبيه برؤيته. وسمته أمه إسحق نيوتن وهو اسم أبيه. ثم تزوجت أمه، وهو لا يزال طفلاً صغيراً، من القس برناباس سمث كبير قساوسة الأبرشية المجاورة. فكفلته جدته لأمه، ورأت أن تقوم على تربيته إلى أقصى ما تسمح به الظروف. وكان وهو طفل ضعيفاً مريضاً لا يرجى له أن يعمر تلك السنين الطويلة التي توجت حياته

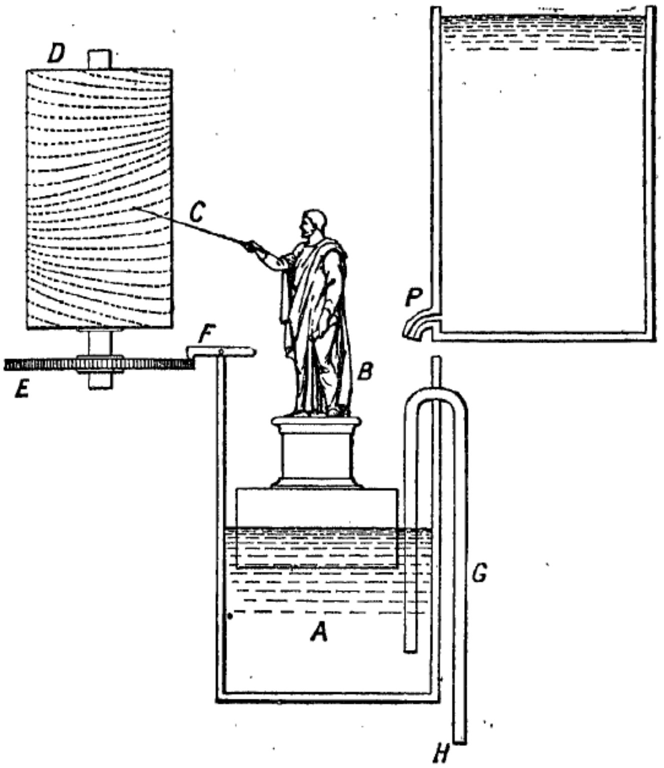
الممتلئة نشاطاً. ولما بلغ الثانية عشر ألحقته جدته في بمدرسة في بلدة جرانثام التي هي على مسيرة ستة أميال لكي يتعلم القراءة والكتابة، وفي هذه البلدة أقام مع صيدلي يدعى كلارك نظير جعل خاص.

حياته المدرسية

ولم تبد عليه في المدرسة في مبدأ الأمر مخايل الذكاء، بل كان الأخير في فصله دائماً، وفي ذات يوم اعتدى عليه في الطريق أحد زملائه بأن ركله في بطنه ركلة شديدة رأى إزاءها أن يثأر لنفسه، فتلاكما وكانت الغلبة لنيوتن، ولم يقنعه أن يكون الفائز في هذه الملاكمة بل صمم على أن يبز هذا الزميل المعتدي عليه في الدرس أيضاً. ومن ثم عكف على الدرس، إصغاء وانتباها في الفصل ومذاكرة في المنزل، فلم يبرز خصمه هذا فقط بل تقدم زملاءه أجمعين، وأصبح الأول في المدرسة.

وكان نيوتن محباً للمعزلة والاعتكاف، لا يشترك في الألعاب ولا يحضر الحفلات المدرسية، وكان يصرف وقت فراغه في صنع نماذج آلية. فمن ذلك أنه صنع نموذجاً لطاحون هوائي، وآخر لساعة مائية. وفكرة الساعة المائية قديمة، ولكن نموذجه بني على فكرة تساقط الماء نقطاً بسرعة منتظمة، حتى إذا ما ارتفع سطح الماء في الحوض الذي تتجمع فيه نقط الماء ارتفع طوف من الخشب فحرك عقرب الساعة.

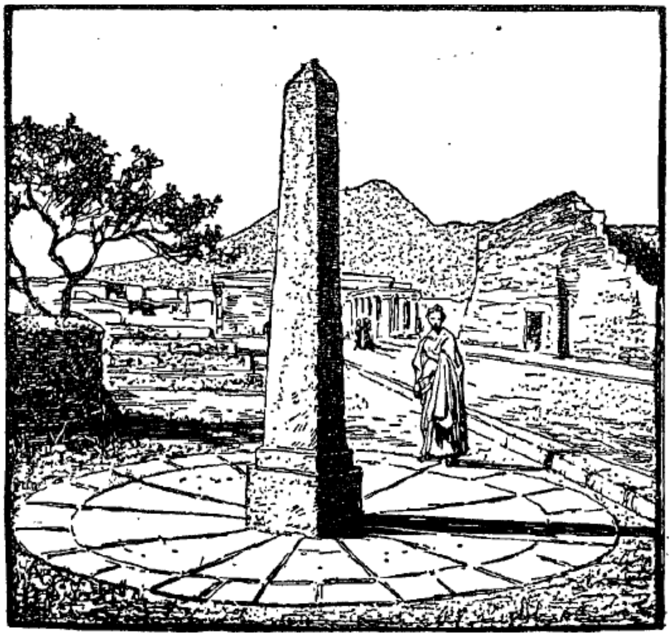
وعلم رفاقه كيف يصنعون الطيارات من الورق، واستطاع أن يصنع من الورق فوانيس توقد الشموع بداخلها لرفاقه زمن الشتاء. وكان قد عرف أن أهل الريف ترعبهم المذنبات، فما كان منه ذات ليلة إلا أن ربط فانوساً بذيل إحدى الطيارات التي صنعها من الورق، ثم أطلقها في الهواء. فلما ارتفعت وسط ذلك الليل البهيم أحدثت الأثر المطلوب حيث فزع سكان القرية أيما فزع.



(شكل ٤٤) ساعة مائية يتساقط الماء فيها فيرفع طوفاً من الخشب على شكل رجل بيده مؤشر يرتفع معه فيحرك أسطوانة. وإذا ما ارتفع الطوف إلى أعلى نقطة تكون الاسطوانة قد دارت دورة كاملة. وينسكب الماء كله من المماص بفعل الضغط الجوي ويبدأ يوم جديد

ولما بلغ نيوتن الرابعة عشر توفي زوج أمه، فعادت إلى الضيعة تقيم في المنزل المشيد فيها، ورأت أن ولدها قد بلغ السن التي يصح أن يمتهن فيها الفلاحة، يفلح الأرض ويزرعها، فجاءت من جرانثام إلى الضيعة، وكان طبيعياً في نظر أمه أن يترك الدراسة إلى الفلاحة، مكتفية بأن تبعث به إلى جرانثام كل يوم تقام فيه السوق تحت إشراف خادم عجوز كانت تثق فيه. ولكن الفتى لم يظهر ميلاً لمزاولة أعمال البيع والشراء أو حتى ملاحظتها، فكان إذا بلغ جرانثام وترجل هو وخادمه عن جواديهما، يترك الرجل وحده يذهب إلى السوق

يبتاع ما يريد، ثم يذهب هو إلى مسكنه القديم في دار الصيدلي يمضي وقته في مطالعة كتب هذا الصيدلي التي كانت كلها كتباً كيماوية. ويظل كذلك حتى يجيء خادمه يسأله العودة. ويئس الخادم من أن يتعلم سيده الصغير ممارسة البيع والشراء في الأسواق، واضطر في نهاية الأمر أن يخبر سيدته برأيه في ولدها، وهو أنه لا يصلح للفلاحة ولا يمكن أن يكون مزارعاً.

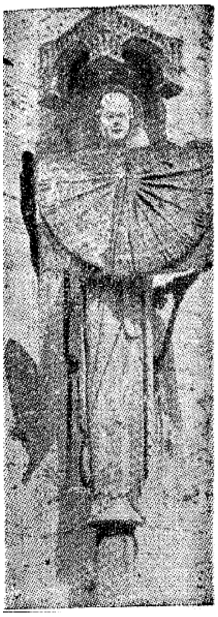


(شكل ٤٥) ساعة قديمة

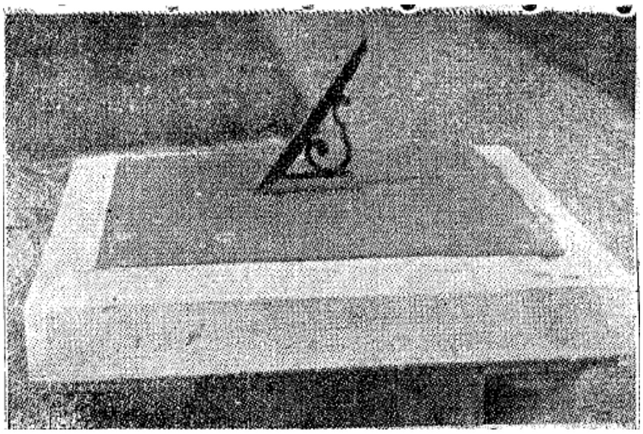
والواقع أنها هي أيضاً كانت تتوقع ذلك من ابنها، لأنها كانت إذا بعثت به إلى الحقل يرعى الماشية من نعاج وأبقار جلس تحت شجرة وانهمك في قراءة كتاب أو في صنع نموذج ارتآه، ناسياً كل النسيان ماشيته وانتشارها بين حقول الحنطة تعبث بها أيما عبث. ولاحظت أمه عليه أنه لا يقرأ حباً في تمضية الوقت، بل تطلعاً لإرواء غلته وسد نهمته من العلوم. فاستشارت في ذلك أخاها، وكان مسجلاً في الإبراشية المجاورة، فأشار عليها بوجوب عودة الغلام إلى جرانثام

يتعلم في مدرستها لكي يعد للالتحاق بالجامعة. فعاد إلى المدرسة في جرانثام، ولكن هل قصر نفسه على الدرس النظري فقط؟ لقد لاحظ الفتى الظلال التي يحدثها ضوء الشمس على واجهة منزل الصيدلي الذي يقيم هو فيه، وبدأ يصنع ساعة شمسية، وقد صنعها فعلاً. وكان المزارعون إذا أرادوا معرفة الوقت التمسوه عند "مزولة إسحق".

والحق إن الساعات الشمسية ظهرت في القديم، ولكنها كانت تعد للاستعمال المحلي فقط، ولم يكن نيوتن يعرف كيف يعدها لتلائم خطوط العرض في أي مكان، ولذا اعتمد فقط على مجرد ملاحظته هو وأقام ساعتين شمسيتين متماثلتين في ضيعته، ولا يزال محفوظاً للآن في لندن أحد حجارة الجدار الذي فوقه وضعت الساعتان، وذلك إشادة بذكرى نيوتن.



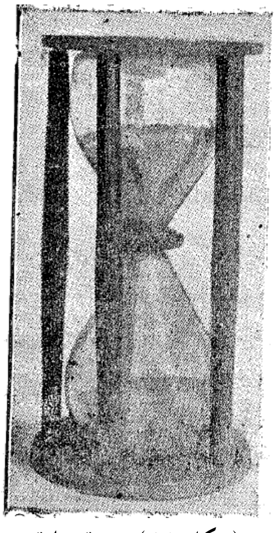
(شكل ٤٦) ساعة شمسية رأسية كانت ترى نماذج لها بأعلى الكنائس في القرون الوسطى وعقربها يوازي محور الأرض



(شكل ٤٧) ساعة شمسية أفقية

حياته الجامعية

ولما بلغ الثامنة عشر التحق بكلية ترنتي بكمبردج، ولم تكن جامعة كمبردج إذ ذاك تعنى بالعلوم الرياضية، ولم تظهر عنايتها بها إلى في بداية القرن السابع عشر. وكان يوم فراقه لمدرسته في جرانثام يوماً مشهوداً. فقد ودعه ناظر المدرسة ودموعه تنهمر، وخطب التلاميذ متمدحاً وسجاياه داعياً إلى التشبه به.



(شكل ٤٨) ساعة رملية

ولا يعرف شيء كثير عن سني إقامته الأولى في كمبردج، ولكن الرواة يروون حادثتين تدلان على ذكائه واتقاد قريحته. وتتلخص الأولى في أن خاله القس كان أعطاه كتاباً في المنطق أيام كان في جرانثام فقرأه نيوتن ووعاه كل الوعي، واستعاض بذلك عن محاضرات المنطق في الجامعة. ولما اختبره أستاذ المنطق وجد أنه يعرف قواعد هذا العلم وأصوله أكثر مما يعرفه هو. وأما الثانية فتتلخص في أن نيوتن قرأ كتاب العالم كبلر في البصريات والفلك ووقف على جميع دقائقه وتلك كانت حلقة الاتصال المباشرة بين نيوتن وكبلر الذي كان قد قضى نحبه قبل ولادة نيوتن باثنى عشر عاماً. فلما دعي لحضور سلسلة محاضرات في البصريات والفلك وجد الأستاذ المحاضر أن نيوتن على علم تام سابق بما في محاضراته من الحقائق العلمية جميعها.

وحدث بعد مضي ثلاث سنين على نيوتن في كمبردج أن ابتاع كتاباً في التنجيم عثر فيه على شكل هندسي لم يستطع فهمه؛ فاضطر أن يشتري كتاباً في علم الهندسة رمى به جانباً بعد أن عثر فيه على طلبه قائلاً إنه بسيط قليل الأهمية، ولكنه ندم فيما بعد على إهماله علم الهندسة لما وجد أن هناك مسائل عويصة تحتاج إلى كثير من الشرح.

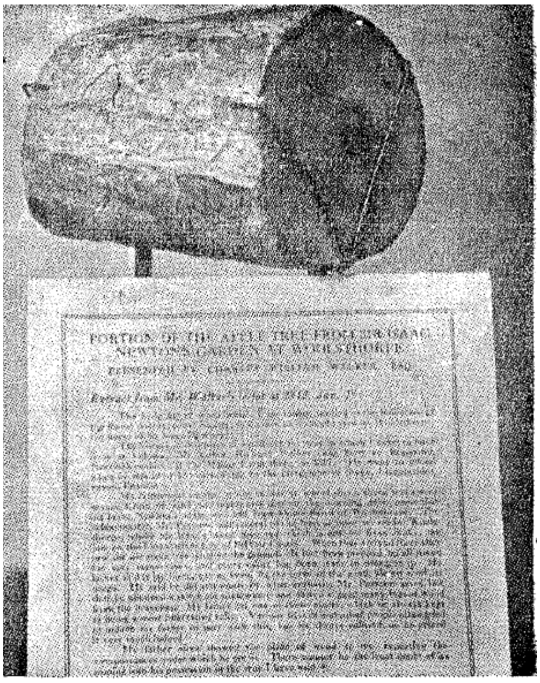
ويروى عنه أنه قال: "لقد ندمت على إقبالي على مؤلفات ديكارت في علم الهندسة ومؤلفات غيره في علم الجبر قبل قراءتي في كتاب إقليدس في الهندسة بالعناية التي يستحقها كتاب في نفاسته". ولكن سرعان ما ألم بما في كتاب إقليدس وخرج في النهاية منتصراً.

وفي الثانية والعشرين من عمره حصل من الجامعة على درجة بكالوريوس، ولكن دون أن يكون متقدماً في الترتيب. وحدث في السنة (١٦٦٤) أن أغلقت الكلية بسبب ظهور الطاعون الذي أودى بحياة ستين ألفاً من سكان

لندن وحدها. فعاد إلى بلدته ومكث فيها حتى زال هذا الوباء من البلاد. وفي خلال زمن عكوفه هذا رأى تفاحته التاريخية تسقط من شجرتها. وحكاية التفاحة هذه تضاربت بصددها الآراء، فبعضهم يكذبها اعتماداً على أن نيوتن نفسه لم يذكرها للعلماء الذين أدلى إليهم بآرائه الأولى عن الجاذبية. ولكن إحدى قريباته تؤكد صدق الحكاية، وكانت لازمته في منزله طيلة العشرين سنة الأخيرة من عمره. وقد أرسلت إلى فولتير تخبره بصحة هذه الحكاية. وقد رأى سير دافيد بروستر شجرة التفاح هذه سنة ١٨١٤، وأخذ جزءًا من جذعها، أما الشجرة فظلت موجودة حتى سنة ١٨٢٠ حيث هرمت كثيراً فبليت وقطعت.

التفاحة والجاذبية وقانون التربيع العكسي

والذي حدث أن نيوتن كان جالساً يوماً ما تحت شجرة التفاح تلك يفكر في قوى الطبيعة، فلفتت نظرة تفاحة تسقط على الأرض. "فالتفاحة تسقط لأن الأرض تجذبها إليها، وجذب الأرض للأجسام ظاهرة معروفة، عرفها الإنسان قبل عهد نيوتن بآلاف السنين، ولكن ليست العبرة في مجرد انجذاب التفاحة إلى الأرض، وإما في أن الأرض تجذب التفاحة وهي في أعلى الشجرة. ويجذبها ولو كانت في رأس برج أو على قمة جبل شاهق. ولكن هل يمتد جذب الأرض للجسم إلى أبعد من ذلك؟ هل تصدق قوة جذب الأرض إلى الأجسام المنفصلة عنها التي قد تكون بقربها؟ هل تجذب الأرض القمر مثلاً؟ وإذا كان ذلك كذلك، فلم لا تكون قوة جذب الأرض للقمر هي القوة المركزية اللازمة لجعله يتحرك حركته المستديرة حول الأرض؟".



(شكل ٤٩) قطعة من شجرة التفاح الشهيرة التي جلس نيوتن تحتها

في مثل هذا فكر نيوتن، إذ رأى التفاحة تسقط، ولكنه أراد أن يختبر مبلغ ظنه هذا من الحقيقة، فأجرى عملية حسابية بسيطة عن حركة القمر نحو مركز الأرض. ودله الحساب على أن هذه الحركة تشبه حركة الجسم الساقط من على سطح الأرض، وأن القوة المؤثرة في القمر والتي تجعله يتحرك حركته المستديرة حول الأرض هي من نوع قوة جذب الأرض للأجسام الموجودة على سطحها، إذا اعتبرت القوة متناسبة وعكس مربع البعد. وبما أن حركة الكواكب حول الشمس تتطلب أن تكون هذه الكواكب منجذبة نحو الشمس بقوة تتناسب وعكس مربع البعد أدرك نيوتن أن قانونه هذا، وهو المسمى قانون التربيع العكسي، قانون عام في الجاذبية.

وهنا يلزمنا أن نذكر أن الكشف عن هذا القانون لم يتم في الحقيقة بهذه

الكيفية ولا بمثل هذه السهولة؛ فنيوتن لما أجرى أول مرة العملية الحسابية الخاصة بحركة القمر لم يجد نتيجتها تدل دلالة واضحة على صحة هذا القانون، ولذلك أحجم عن نشر آرائه هذه مدة من الزمن، وأعرض فعلاً عن موضوع الجاذبية.

عودة إلى الجامعة

وعاد إلى الجامعة في كمبردج ليتم دراسته، ولم يشأ أن يواصل بحوثه إلا بعد حصوله على درجة العالمية. وقد حصل عليها فعلاً، وكان ترتيبه في كشف النجاح الثالث والعشرين. وهنا يحق لنا أن نتساءل في دهشة لماذا لم يكن ترتيبه الأول مع ما وهبه الله من عبقرية؟ وغاية ما يمكن قوله في هذا الصدد إن نيوتن لم يكن يركز جهوده ويقصرها على مواد الامتحان، بل كان يشغل نفسه بما هو أهم لديه من ذلك مما كان يراه أنفع له ولبحوثه الخاصة.

وأعجب الدكتور بارو، أستاذ الرياضة إذ ذاك، أيما إعجاب بمقدرة نيوتن ونبوغه في العلوم الرياضية، فرشحه لكرسي الأستاذية الذي يشغله هو، وذلك لاعتزامه الاقتصار على اللاهوت. وبذلك أصبح نيوتن أستاذاً للرياضة وهو في السادسة والعشرين من عمره. وكان على أستاذ الرياضة في تلك الأيام أن يحاضر مرة كل أسبوع في الفلك أو الجغرافيا أو البصريات، فاختار نيوتن البصريات موضوعاً لسلسلة محاضراته الأولى. وتضمنت هذه المحاضرات كثيراً من البحوث التي لم يسبقه إليها أحد، ولكنه لم ينشرها إلا بعد أن اختير عضواً في الجمعية الملكية بلندن بعد ذلك ببضع سنين.

ذهوله ونسيانه

وانصرف نيوتن انصرافاً تاماً لبحوثه ومؤلفاته لا يلهيه عنها شيء، وشوهد

فيه خلال ذلك شيء من الذهول وكثرة النسيان. فقد كان يلازم منزله أياماً متواليات لا يطلب طعاماً ولا شراباً وإنما يأخذ ما يقدم له كأنه لا يعي ما يفعل. ويروي الدكتور ستيوكلي، وكان ألصق الناس به، حوادث تدل على شدة انصراف نيوتن لبحوثه. فمنها أنه جلس مرة يتحدث عما شاهده في الأوبرا، فقال له نيوتن إنه لم يذهب إليها إلا مرة واحدة في حياته، وإنه سر كل السرور بالفصل الأول من الرواية التي كانت تمثل، وإنه قد عيل صبره في الفصل الثاني، أما في الفصل الثالث فقد خرج من الأوبرا لا ينوي على شيء.

ويروى عن ذهوله وكثرة نسيانه حوادث شتى، منها أن صحبا له زاروه يوماً، فدخل حجرة مكتبه ليبحث لهم فيها عن شراب كان قد تركه فيها، فنسي صحبه ومضى في بحوثه. ومنها أنه ركب جواده يوماً عائداً إلى منزله فلما أراد أن يترجل لم يجد الجواد بل وجد نفسه ممسكاً بالعنان فقط. ويقول ستيوكلي بشأن نسيانه ملابسه "إنه كان يخرج من منزله ويسير في الشارع إلى نهايته قبل أن يدرك أنه لم يرتد ملابس الخروج، فيعود أدراجه إلى منزله وقد تولاه خجل شديد".

وفي ذات يوم ذهب ستيوكلي لزيارة نيوتن وكان منهمكاً كدأبه في حل مسألة. فانتظر ظناً منه أنه لا يغيب طويلاً خصوصاً وأن طعام الغذاء قد أعد فعلاً والمائدة في الانتظار. ولكن زمناً طويلاً مضى واستنفد صبر ستيوكلي. وكان الجوع قد بلغ منه مبلغه. فجلس إلى المائدة وأكل الدجاجة التي كانت معدة لنيوتن. وبعد فترة جاء نيوتن وحيا صاحبه وجلس للطعام. فلما لم يجد إلا العظام ظن أنه نسي أن تناول طعامه، فنهض ثانية واستدعى صديقه إلى مكتبه.

وهذا في الواقع نوع غريب من الذهول، ولعله ذهول العبقرية.

البرنسيبيا

وألف نيوتن كتابه "القواعد الرياضية للفلسفة الطبيعية" وهو المعروف باسم "البرنسيبيا" وهو المؤلف الذي ضمنه قانون الجاذبية وتطبيقه واستخراج النتائج التي يفضي إليها. وضمنه أيضاً بيان ما يحدث من التغير في شكل الكرة عند دورانها حول محورها، وما يحدث في تأثير الجاذبية من التغير من جراء انبعاج الأرض ومن جراء دورانها حول محورها. وبين فيه كيف تقدر مدى دوران الكواكب حول محوره إذا عرف شكله الظاهري أي مقدار انبعاجه. وبين كيف أن جذب كل من الشمس والقمر للجزء المنبعج من الأرض يترتب عليه اتجاه محور دورانها، وعلل بذلك ظاهرة مبادرة الاعتداليين، وبين أيضاً كيف ينشأ عن جذب القمر والشمس لمياه البحار ظواهر المد والجزر.

وحدث أن ثلاثة من أعضاء الجمعية الملكية بلندن رن وهوك وهالي أخذوا يبحثون في موضوع قانون التربيع العكسي، وحاولوا جميعاً أن يوجدوا مسير جسيم متحرك عندما يكون منجذباً إلى نقطة بقوة تتناسب وعكس مربع البعد بينهما، ولكنهم لم يوفقوا إلى حل ما. فقدم أصغرهم سناً، وهو هالى، إلى نيوتن في كمبردج ليشركه في البحث معهم، فأخذته الدهشة كل مأخذ إذ وجده قد سبقهم إلى حلها. ولما أرسل نيوتن مسوداته إلى هالي وحملها هذا إلى أعضاء الجمعية الملكية طلبوا من نيوتن أن يأذن بنشرها؛ فسمح لهم بذلك، وكلفوا هالي مباشرة طبعها. ولم يكد يتم طبع الجزء الأول حتى قام هوك ينسب إلى نفسه الفضل في الكشف عن هذا القانون. فحدث بينه وبين نيوتن جفاء كان سيؤدي إلى وقف طبع الكتاب لو لم يمض هالي في السعي والإلحاح.

ولا نبالغ إذا قلنا إن كتاب نيوتن هذا أحدث رجة في أوروبا كلها لا في إنجلترا وحدها، فقد كان كتاباً فذاً في الرياضيات والفلسفة الطبيعية. ولم يكن

أغرب ما فيه أن الشمس تجذب إليها الكواكب السيارة، بل إن كل كوكب سيار يجذب الشمس أيضاً بقوة تعدل جذبها إياه. وإن الكون كله غاص بأجرام تدأب على السقوط باستمرار في رحاب الفضاء، أي أنه مملوء بأجسام ساقطة، وإن كل الأشياء التي في الكون تتجاذب، يتساوى في ذلك النجم الكبير بالهباءة المتناهية في الصغر.

ولعل أخطر ما في أعمال نيوتن العلمية الجليلة كشفه عن قانون الجاذبية، ثم تعميمه حتى شمل السموات والأرض وجميع الجسوم من الهباءة الصغيرة إلى النجم الكبير. ومضى العلماء يحققون هذا القانون فتبين لهم أنه يعلل حركات الكواكب حول الشمس، وزادوا على ذلك أنهم أجروا تجارب عملية تدل على صحته رأساً. وأصبح قانون الجاذبية هذا من بعد نيوتن أساساً لعلم الفلك الحديث، وكان سبباً في كشوف فلكية عدة، تنبأ بها البحث النظري أولاً ثم أظهرتها المناظير الحديثة.

مبتكراته في الرياضيات

ولقد مر بنا أن نيوتن نبغ في العلوم الرياضية نبوغاً لفت إليه الأنظار، فقد وضع في علم الجبر النظرية الشهيرة باسمه وهي النظرية ذات الحدين المعروفة، ثم فكر في مسائل أخرى أدت به في النهاية إلى وضع فرع جديد من علم الرياضة يعرف الآن بحساب التفاضل والتكامل. وقد أدى ظهور هذا الفرع الجديد من علم الرياضة إلى تقدم كبير محسوس في الكشوف الطبيعية والفلكية الحديثة. وادعى الفيلسوف الرياضي الألماني لينبز أنه صاحب الفضل في وضع أساس حساب التفاضل والتكامل هذا. وقام ذلك النزاع الجديد بين نيوتن وليبنز، ولم تكن وطأة الشقاق الذي حدث بين نيوتن وبين هوك بخصوص الكشف عن قانون التربيع العكسي قد خفت، وكان هذا النزاع الحديث أشد حدة من

سابقه. ويكفي أن نقول إن الأوان كان قد آن لظهور هذا الكشف الجديد، وإن نيوتن والفيلسوف الألماني قد وهبا من الذكاء والعبقرية ما يسمح لكل منهما أن يدعي لنفسه أنه واضع أساس هذا العلم. ولكن الواقع أن نيوتن كان أسبق من زميله، غير أن تهاونه في الإسراع بنشر ما كان يعثر عليه هو الذي جر عليه هذه المتاعب. على أننا من جهة أخرى لا ننكر على ليبنز فضله في تدوين مصنفات العالم بسكال الرياضية، وإلا لكان نصيبها الضياع.

ومما هو جدير بالذكر أن كتاب البرنسيبيا كتب باللاتينية، ولكي يكون أقرب إلى الفهم وضعه نيوتن على نمط كتب الإغريق في علم الهندسة. وكان نيوتن يتبع في براهينه الرياضية التي ضمنها كتابه هذا طريقة التفاضل والتكامل الجديدة التي وضع أساسها هو نفسه، إلا في البراهين الخاصة بكشوفه في الجاذبية فإنه لم يشأ أن يضجر قراءة بطريقته الجديدة التي ما كان يفهمها إلا المتعمقون في العلوم الرياضية.

نيابته ثم توظفه

واضطر نيوتن بعد نشره كتاب البرنسيبيا إلى الظهور بعد الاعتكاف ولكنه "كان على وجه عام أحسن حظاً من كثير من علماء "الطبيعة" في عصره أو في الجيل الذي سبقه في أوروبا. فلم يلق مثل ما لاقى غاليلو مثلاً من الاضطهاد بل وجد من أهل وطنه كل الإكرام، فانتخبوه إكراماً له عضواً في البرلمان، وقيل إن دار النيابة لم تسعد بسماع صوته وهو يخطب أو يناقش في موضوع ما. ولما أصابه إبان هذا العهد شيء من عسر ذات اليد سعى له بعض ذوى النفوذ حتى عينه وليم الثالث ملك إنجلترا عند ثبوته عرض المملكة رئيساً لدار سك النقود بمرتب قدره ١٢٠٠ جنيها، وبهذه الكيفية انخرط في سلك الموظفين، وأخذ يقوم بتأدية الأعمال المملة التي تقتضيها حياة الموظف، ولكنه كثيراً ما كان يشتغل في

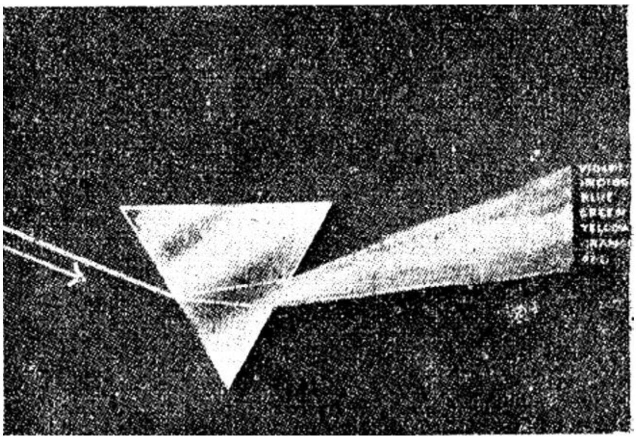
أوقات فراغه بحل المسألة العويصة التي كان يعجز رياضيو العالم عن حلها. وانتخب نيوتن رئيساً للجمعية الملكية، ولبث في الرياسة أربعة وعشرين سنة، ولا تزال صورته معلقة فوق كرسي الرياسة إلى وقتنا الحاضر. ويجله أهل وطنه إجلالاً كبيراً، ومنهم من يعده ذا أكبر عقل ظهر في الوجود، ولا يزالون محتفظين ببعض مخلفاته".

ولا يزال مقامه العلمي هذا موضع إجلال العلماء وإكبارهم إلى يومنا. وقد رأى علماء الرياضة في العالم سنة ١٩٢٧ أن يحجوا إلى قرية جرانثام ليؤدوا واجب الاحترام للعبقري والعبقرية. وهذا وحده دليل على أن شهرته العظيمة العالمية هذه شهرة هو أهل لها وجدير بها. ويروى عن فولتير أنه كان يزهو بقضائه بعض الزمن "في بلاد دفن فيها أحد أساتذة الرياضة مبجلاً معززاً كما يدفن ملك عظيم عم خيره رعاياه أجمعين، لا لشيء إلا لأنه كان عظيماً في علمه وعمله".

بحوثه في الضوء

على أن كشوف نيوتن في البصريات لا تقل أثراً عن كشوفه الأخرى في الفلك والرياضة؛ فهو الذي كشف أن الضوء الأبيض ليس بسيطاً، بل مركباً من جملة ألوان مختلفة، وأن هذه الألوان تختلف قابليتها للانكسار بالنسبة لوسط واحدة كالزجاج مثلاً، فتنفصل حينئذ عندما تمر في ذلك الوسط لأنه يكسرها بمقادير مختلفة، ويظهر الأحمر فالبرتقالي فالأصفر فالأخضر فالأزرق فالنيلي فالبنفسجي، وأن أكثر هذه الألوان قابلية للانكسار هو اللون البنفسجي وأقلها في اللون الأحمر. وتلك الألوان هي ألوان الطيف الضوئي، وترى في قوس قزح. وقد حقق نيوتن هذا أيضاً بضم ألوان الطيف إلى بعضها وتكوين الضوء الأبيض عن طريق استقبال الطيف المتكون بوساطة المنشور

الزجاجي على منشور آخر مماثل له ومساو له في الزاوية، وموضوع بالقرب منه في وضع مضاد للوضع الأول. وحقق ذلك أيضاً عن طريق القرص المعروف باسمه، وهو قرص من الورق المقوي منقسم إلى أربعة قطاعات متساوية. وكل من القطاعات ينقسم إلى سبعة أخرى ملونة على الترتيب بألوان الطيف. فإذا أدير هذا القرص بجهاز ميكانيكي خاص فإنه يظهر للرائي أنه ملون جميعه باللون الأبيض الرمادي، وذلك لأن التأثير الذي يحدثه في العين أحد الألوان التي على القرص وهو في وضع معلوم يبقى مدة من الزمن بعد انتقاله من ذلك الوضع. فأثناء إدارة القرص بسرعة تتأثر العين في آن واحد بجميع ألوان الطيف، وينشأ من ذلك أن ترى العين لوناً ماثلاً للبياض.



(شكل ٥٠) شعاع الضوئي الأبيض ينحل بعد مروره من المنشور الزجاجي إلى ألوانه السبعة: الأحمر فالبرتقالي فالأصفر فالأخضر فالأزرق فالنيلي فالبنفسجي مأخوذة من أسفل إلى أعلى.

النظرية الموجبة

أما عن كنه الضوء فالنظرية الموجبة كانت السائدة إذ ذاك، وكان هوك العالم الطبيعي الإنجليزي من أسبق القائلين بها، وإن تكن لم تتقدم على يديه تقدماً يذكر.

"وأول خطوة جدية خطاها العلم الطبيعي في سبيل هذه النظرية جاءت حوالي سنة ١٦٧٨ عندما قدم هيجنز إلى الأكاديمية الفرنسية رسالة في هذه النظرية تتضمن القاعدة المعروفة باسمه، وقد نشر هيجنز هذه القاعدة وتطبيقها على الضوء في كتاب له في هذا العالم نشر سنة ١٦٩٠".

وقد اعتبر هيجنز الشعاع الضوئي خطاً عمودياً على صدر الموجة الضوئية يدل على اتجاه انتقالها، وشرح بذلك ظاهرتي الانعكاس والانكسار، وخطت النظرية الموجية بفضله خطوات واسعة. ولكنها على الرغم من ذلك صادفت عقبات أهمها أنها "تتطلب وجود وسط تحدث وتنتشر فيه الموجات. وتتطلب أن يكون هذا الوسط عاماً يشمل أرجاء الكون. وظن في ذلك العهد أن وجوده لا بد أن يفضي إلى حدوث قوة تقاوم حركة الكواكب والأجرام الأخرى المتحركة، ولكن لم يكن ثمت دليل على وجود مثل هذه القوة المقاومة".

نظرية الدقائق

أما النظرية التي تمسك بها نيوتن وعارض بها النظرية الموجية فتعرف "بنظرية الدقائق" وهي تعتبر الضوء دقائق متناهية في الصغر تصدر عن الجسم المضيء، وتتحرك في الأوساط المتجانسة بسرعة كبيرة في اتجاه مستقيم. وطبقها نيوتن على جميع الظواهر الضوئية من انعكاس وانكسار وغير ذلك. وقد لاقت هذه النظرية صعوبات ليست هينة ولكن أصبح لها بفضل مكانة نيوتن العلمية وقوة حجته المقام الأول في القرن الثامن عشر وبضع السنوات الأولى من القرن التاسع عشر.

ولم تجد النظرية الموجية إبان ذلك غير نصير واحد هو أويلر العالم الرياضي السويسري الشهير، "فقد تمسك بها في رسائل كتبها لإحدى أميرات ألمانيا، شرح فيها المبادئ الأساسية في الميكانيكات والبصريات والسمعيات وعلم

الفلك، ولكن لم يعبأ أحد برأيه. ونقلت هذه الرسائل إلى الألمانية في أواخر القرن الثامن عشر، فرأى الناقل الألماني ضرورة تحذير قرائه من النظرية الموجية التي يقول بها أويلر، ولفت نظرهم إلى أنها منبوذة لدى مشهوري علماء الطبيعة (الفيزيقا) في ذلك العصر".

الكفاح بين النظريتين

وبدأ بين النظريتين منذ ذلك العهد صراع عنيف كان يزداد حدة كلما عثروا على كشف جديد في الضوء، ولكن الغلبة كانت فيما بعد للنظرية الموجية، وبقي على الرغم من ذلك نفر قليل من العلماء على معارضتها، نذكر منهم لورد براوم فقد قال: "إن هذه النظرية ليست معقولة وليست منطقية، وهي بدعة تعوق تقدم العلم" ومنهم بروستر. الذي قال: "إنه يجل الخالق عن أن يلجأ من أجل إحداث الضوء إلى ملء العالم كله بالأثير" وهو الوسط المفترض لسريان الموجات فيه. ولكن ما جاء منتصف القرن التاسع عشر إلا وبطلت نظرية الدقائق وخلا الجو بعد ذلك للنظرية الموجية وحدها.

جاء في كتاب "كبار علماء الرياضة" لمؤلفه ترنبول ما يأتي:

"من العدل أن نقرن بنيوتن زميله الفيلسوف الطبيعي الهولندي هيجنز الذي كان على صلة تامة بعلماء إنجلترا العلميين، والذي كان له فضل الوصول بهم إلى كشوفهم العجيبة، فقد كان عمله في علم الفيزيقا كبيراً جداً بحيث غطى على علمه في الرياضيات. وهو قد وصل إلى نتائج كبيرة قيمة في علم التفاضل والتكامل، وعلى الأخص فيما له علاقة بالظواهر الميكانيكية وذبذبات البندول، وشكل الخيط المعلق، وما إلى ذلك. ولكن شهرته الحقيقية جاءته عن طريق نظريته الموجية في الضوء؛ فهذه النظرية قد جاء حداً في التاريخ، واكتسبت أهمية لأنها دفعت بجاذبية نيوتن إلى هجوع هادئ عميق. فالضوء في

نظر نيوتن جسيمات صغيرة كثيرة تسبح في خطوط مضيئة، أما في نظر هيجنز فإنه ينتشر على شكل موجات. وقد ظهر فيما بعد أن الثانية من هاتين النظريتين المتنازعتين هي الأقوم، فهي لم تحل فقط كثيراً من المشكلات البصرية، بل استجابت أيضاً لكثير من الآراء في النظرية الكهرطيسية أي الكهربائية المغناطيسية. ولقد تداعت الظواهر الطبيعية واحدة فأخرى داخل إطار هذه النظرية الموجية، وبقيت الجاذبية وحدها لا تستطيع النظرية أن تمسها فكانت بذلك الظاهرة الطبيعية الوحيدة المستثناة. ولكن هذا المسلك غير الموجي قد حير نيوتن نفسه حيرة ممضة. على أنه كان كلما ازداد لغز الجاذبية استعصاء زاد تطلع العلميين إلى حله وشرحه. وأخيراً وضع أينشتاين الأمور في نصابها حيث حل المسألة بشجاعة، وذلك بطمره الجاذبية في منسوج من الفضاء والزمن.

"على أنك تخطئ إذا ظننت أن ذلك قد أفسح المجال للنظرية الموجية. فهناك عقبات تجمعت في هدوء وفي غير تطفل، وظهرت من جديد أدلة وحجج تؤيد نظرية الدقائق الضوئية التي يقول بها نيوتن. ولم يصل العلماء بعد إلى قرار يحسم الأمر بين الاثنين. والظاهر أن القول الفصل بخصوص نظريتي نيوتن وهيجنز سيكون لنظرية الكم والميكانيكا الموجية".

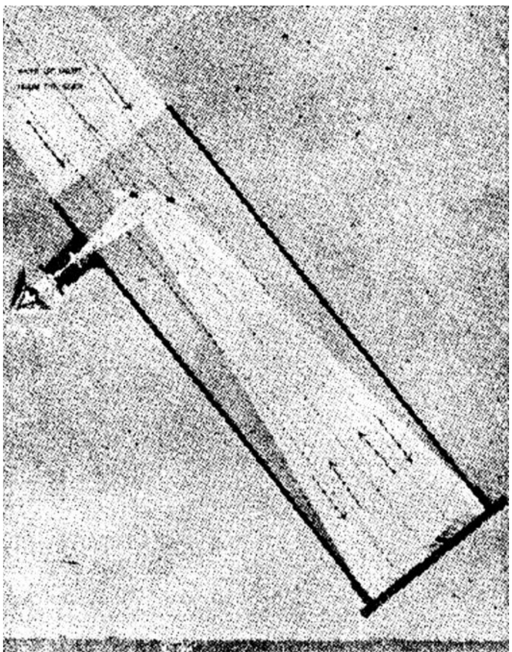
وهاتان النظريتان هما أحدث ما وصل إليه العلماء في وقتنا الحاضر من البحوث الرياضية الفيزيقية، وقد شرحنا هذا كله في كتابنا "الفيزيقا الحديثة" فليرجع إليه من أراد.

ولا يسعنا أن نهمل الكشوف الجديدة في العلم الروحي الحديث، فقد أثبتت بشكل عملي وجود الأثير والعالم الأثيري وسكانه، وذهبت إلى أن الأثير هو الأصل في الكون كله. يقول العلامة جـ. آرثر فندلاي رئيس المعهد الدولي للبحث الروحي بلندن في كتابه "على حافة العالم الأثيري"، الذي كان لنا شرف

نقله إلى العربية ما يأتي:

"ما المادة إلا أثير في حالة خاصة. والأثير كله مادة فعلاً، والمادة كلها أثير فعلاً. أما المادة الفيزيقية التي تدركها حواسنا فهي ذلك الجزء من الأثير الذي يهتز في دائرة معينة. وفي هذا الكتاب قد فرقت بين المادتين: المادة الفيزيقية من جهة، وهي المادة التي نحس بها، والمادة الأثيرة من جهة أخرى، وهي المادة التي لا تدركها حواسنا. ولكنها على الرغم من أن حواسنا لا تدركها ليست بعيدة عن متناول أفهامنا لدرجة ما على الأقل. والواقع أن فهمنا إياها قد تزايد كثيراً في السنين الأخيرة حتى لقد أصبح العلم الفيزيقي اليوم يتجه بكلياته إلى القول بأن الأساس البنائي للكون هو المادة الأثيرية، لا تلك المادة الفيزيقية".

المنظار العاكس

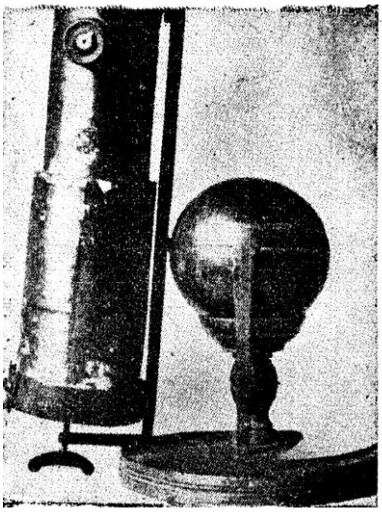


(شكل ٥١) أساس المنظار العاكس الذي اخترعه نيوتن.

ولم تقف بحوث نيوتن وكشوفه في الضوء عند وضعه نظرية الدقائق ولا عند تحليل الضوء، ولكنه اخترع المنظار العاكس، وفي هذا المنظار يستثبت الضوء الصادر من النجم البعيد بوساطة مرآة معدنية مقعرة، ثم ترى صورة النجم من خلال العدسة العينية. وتصنع المرايا اللازمة المناظير العاكسة من فلز خاص، وتستلزم مجهوداً شاقاً في إعدادها وقد كان لهذا المنظار العاكس فضل كبير في تقدم علم الفلك الحديث. واستخدمه الفلكي الشهير وليم هرشل في أواسط القرن التاسع عشر، فكشف به كثيراً من حقائق علم الفلك الحديث.

مرضه ومماته

ومرض نيوتن وهو في الثانية والأربعين من عمره مرضاً شديداً، كان مرتقباً نظراً للمجهود العقلي العظيم الذي كان يبذله دون أن يأخذ قسطه اللازم من النوم ومن الطعام، ويقال إن مرضه نشأ من حزنه على ضياع مخطوطات قيمة كان كتبها ثم التهمها النار في الحريق الذي حدث في معمله. ويروي الرواة لذلك قصة طريفة خلاصتها أنه كان لنيوتن كلب اسمه ديامند، يعني ماس (ألمظ). ففي ذات يوم غادر حجرته تاركاً فيها كلبه هذا دون أن يراه. فلما عاد وجد أن الكلب قلب المصباح الموضوع على مكتبه، فأمسكت النار بأوراق كان كتب فيها خلاصة لتجارب جديدة أجراها، فلم تتركها إلا رماداً. وعز عليه أن تضيع ثمرة جهوده على هذه الصورة، وتملكه حزن شديد. ويقال إنه حينما عرف ما أصاب أوراقه اكتفى بأن قال "إنك لا تعرف يا ديامند ماذا جنيت من شر عليَّ". وأمضه الحزن وساءت صحته، ويقال إن هذه الحادثة قد أثرت في أعصابه، وأفقدته حجاه زمناً ما.

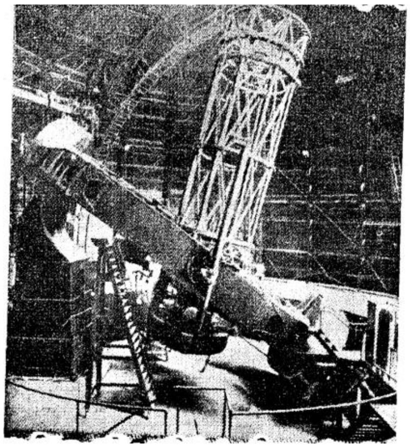


(شكل ٥٢) منظار نيوتن

وعاش نيوتن طوال عمره أعزب، وينسب البعض ذلك إلى حالته المالية. ويروى عنه أنه وهو صغير أثناء إقامته في منزل الصيدلي في جرانثام كانت تقيم بجواره ومعه في المنزل بنات كثيرات، فكان يمازحهن ويصنع لهن كثيراً من اللعب. وظلت إحدى هؤلاء البنات صديقة لنيوتن طيلة عمره، وكان اسمها ستوري. تزوجت مرتين ونيوتن لا يتزوج. ويروى عن هذه أنها قالت لأحد أصدقاء نيوتن إن نيوتن كان يريد أن يتزوجها لولا فقرها من جهة وضآلة دخله من جهة أخرى.

ومات نيوتن بعد أن عمر خمساً وثمانين سنة، وكانت وفاته في اليوم العشرين من شهر مارس سنة ١٧٢٧، وكان قد رأس جلسة الجمعية الملكية بلندن قبل وفاته بثمانية عشر يوماً، ثم انتابه مرض الموت في اليوم التالي لذلك. وعلى ذلك فمرضه الأخير لم يستغرق ثلاثة أسابيع كاملة. ولقد قاسى في مرضه هذا كثيراً من الألم، ولكنه احتمله دون توجع أو شكوى. ودفن في مقبرة العظماء في وستمنستر، وهناك على قبره وضعت لوحة تذكارية. وفي خلال

مرضه هذا حدثه بعض صحبه عن مكانته العالية وشهرته العلمية العالمية. فقال: "لست أعرف ما يقوله الناس في، ولكني في نظر نفسي لا أعدو الصبي الصغير الذي يلعب على الشاطئ ويتلهى الفينة بعد الفينة بإيجاد حصوة أكثر نعومة من الحصى العادي أو صدفة أزهى وأجمل من الصدف المعروف، وأمامه ذلك البحر العظيم – بحر الحقائق – الذي خفي أمره عليه".



(شكل ٥٣)، منظار مرصد جبل ولسن بأمريكا

ولما مات نيوتن أنشأ الشاعر الإنجليزي الشهير بوب بيتاً من الشعر، وكتبه فوق لوحة من الحديد دقت في أحد جدران الحجرة التي ولد فيها نيوتن. وإليك ما قاله بوب: "لقد أحاط بالطبيعة وقوانينها ظلام دامس، فلما قال الله ليكن نيوتن ظهر المكنون واستبان الخفي المستور". وظل نيوتن محتفظاً بحدة ذهنه طيلة أيامه كلها، ويروى أنه وهو في الخامسة والسبعين من عمره تلقى مسألة رياضية بعث بها ليبنز إلى إنجلترا يختبر علماءها، وكانت من أعوص المسائل الرياضية التي لا يدركها إلا الراسخون في العلم. وتسلم الرسالة في الساعة الخامسة بعد الظهر، أي بعد أن قضى نهاره في عمله في دار سك النقود. فاستطاع وهو في هذه السن المتقدمة أن يحل المسألة التي وضعها كبير علماء الألمانيين في

الرياضيات إذ ذاك. وعاش نيوتن زمناً تناوب فيه الحكم ستة من ملوك إنجلترا وملكاتها. فقد ولد قبل أن تطيح رأس شارل الأول بيد الجلاد ببضع سنين، ورأى حكم شارل الثاني، ولم يكن حكماً مجيداً، وكذلك فترة الإصلاح أي مدة قيام كرومويل، وكذلك حكم وليم وماري، وقد حضر حفلة تتويجهما، ثم الاثنتى عشرة سنة وهي مدة حكم الملكة آن التي رفعته إلى طبقة الأشراف، ومنحته لقب سير لمناسبة زيارتها كمبردج، وحضر كذلك حكم جورج الأول الذي كان نيوتن من أظهر رجال بلاطه، أما جورج الثاني فلم يكد يمضي على تسمنه ملكه العظيم الناجح سنة واحدة حتى قضى نيوتن نحبه.

والمعروف أن الملكة كارولين زوجة جورج الثاني تميل إلى العلوم، ويقال إنها لما كانت أميرة الغال كان تعرض على نيوتن ما تلاقيه من المسائل الصعبة "التي لم يكن يستطيع أحد غيره أن يجيب عنها الإجابة التي ترضاها هي وتقنع بها"، ولطالما كانت تتحدث في مجالسها معلنة أنها تعد نفسها سعيدة لأنها عاشت في زمن وجد فيه مثل هذا الرجل العظيم، ولأنها تجاذبت معه أطراف الحديث. وهكذا فليكن الملوك والعلماء.

ونختم هذا الحديث بكلمة قالها إيفورهارت في كتابه المسمى "كبار علماء الفيزيقا" وهي "لقد سادت آراء نيوتن ونظرياته في علم الفيزيقا عالم العلوم إلى يومنا، وقد رفع بها نيوتن صولجاناً يشبه ذلك الصولجان الذي رفعه أرسطو من قبل. أما ذلك التنازع الذي ظهر حديثاً في بحوث العلامة إينشتاين فإنه لا ينقص بأية حال من قدر نيوتن ولا من شهرته، وسيظل نيوتن أبد الآبدين في سجل التاريخ علماً من الأعلام، وسيكون في نظر التاريخ أكبر مساهم في تقدم المدنية الحديثة".

الفصل العاشر

مخترع الآلة البخارية

ساد الاعتقاد طويلاً بأن مخترع الآلة البخارية إنجليزي اسمه جيمس وات، والحقيقة أن الطبيب الفرنسي دنس بابن هو الذي اخترعها حينما كان في ألمانيا، ثم وضعها في كتاب له نشره في إنجلترا خلال سني إقامته فيها. توثقت بينه وبين العالم الهولندي هيجنز عرى الصداقة، وساعده في إجراء تجاربه على مفرغة الهواء، وكان هيجنز مشغولاً باختراعات أخرى، فسره أن يجد له مساعداً شاباً كدنس بابن يقوم له بإجراء التجارب التي لا يتسع وقته هو لإجرائها.

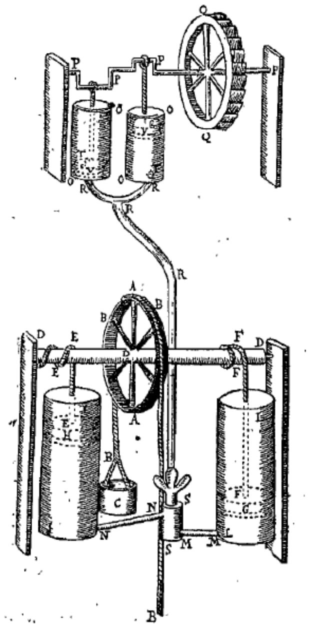
أدخل بابن جملة تحسينات على مفرغة الهواء، منها الصنبور ومنها ذلك الناقوس الزجاجي الذي يوضع فوق قرص المفرغة المسطح بعد أن تدهن حافته بالشحم حتى لا يقتحمه الهواء من أسفل. وفي وسط هذا القرص فتحة منها يفرغ الهواء ويدفع إلى الخارج. ولقد سهل ذلك سبيل إجراء التجارب المختلفة على مختلف الأشياء. وكل ما في الأمر أن يرفع الناقوس ثم يرد بعد أن يوضع فوق القرص الجسم المراد إجراء التجارب عليه. ولقد شرح بابن هذه التحسينات سنة ١٦٧٤ في كتاب صغير ألفه وسماه: "التجارب الجديدة على الفضاء الخلاء مع شرح الآلات التي تحدثه". وقد أهدى كتابه هذا إلى أستاذه هيجنز، وكتب إليه يقول: "هذه هي تداريبك أنت، أجريتُها كلها بوحيك وإرشادك. وإني لأعلم أنها ما كانت منك إلا فكاهة ولهواً، فلم تشأ لذلك أن تدونها ولا أن تنشرها. ولذا فإني واثق كل الوثوق من أنك لا تكترث لنشري إياها ولا تهتم له". وبعد ظهور كتاب بابن بعشر سنين عينته الجمعية الملكية

بلندن مهذباً للتجارب، وكانت مهمته إجراء التجارب أمام أعضاء الجمعية بعد تهذيبها.

مضخة بابن

وكان بابن شديد الاهتمام بالمناجم وبمسألة رفع الماء من جوف المنجم، وكان الماء يرفع إذ ذاك بالأيدي في دلال مربوطة بالحبال كما يرفع الماء من بعض الآبار في أيامنا ففكر بابن في ذلك، إلى أن هداه تفكيره إلى إنشاء طاحونة مائية يديرها جدول ماء ولكن هذه الطريقة لا تجدي إلا إذا وجد جدول ماء قريب من المنجم. غير أنه وضع تصميماً لطريقة ينتقل بها الماء بسهولة إلى أعلى فتحة المنجم. فالطاحونة المائية تحرك مكبسين في أسطوانتين متصلتين بماسورة طويلة. ويضغط المكبسان الهواء ويدفعانه خلال الماسورة حتى يصل إلى المنجم حيث توجد عجلة كبيرة أو بكرة يمر عليها حبل يحمل داوين في طرفيه. ولف على محور هذه البكرة حبلان آخران ثبت طرفاهما فيه، وعلق في الآخرين مكبسان يتحركان في أسطوانتين تتصلان بماسورة الهواء المضغوط. ففي مبدأ الأمر توصل أسطوانة بالماسورة فينخفض الدلوان على التناوب. ثم يفتح صنبور يصل الأسطوانة الأخرى بالماسورة فيرتفع الدلوان على التناوب أيضاً بعد أن يكونا قد ملئا ماء (انظر إلى صورة مضخة بابن). وكان لهذا التعديل أثره، فأدخل في المضخة التي تشغل باليد، وهي المضخة الماصة، ولكنه لم يكن كافياً، إذ أنه يصبح عديم الجدوى إذا ما جف ماء الجدول صيفاً أو تجمد شتاء. أضف إلى هذا أن تلك المضخة لم تكن متقنة تماماً فاخترع بابن آلة أخرى أوفى بالغرض سماها المضخة المركزية الطاردة، وهي لا تزال تستعمل إلى يومنا. وتتألف هذه المضخة من صندوق مستدير يحتوي على طارة تدير الماء. ويدخل الماء في الصندوق من مركز الطارة، ويتسرب عندما تدور الطارة من ماسورة جانبية في

الصندوق. وحاول بابن أن يستخدم هذه المضخة في رفع الماء، ولكنه لم يجد آلة يحركها بالسرعة الملائمة، ولم يحصل على هذه الآلة، إلا بعد أن اخترع بالآلة البخارية.



(شكل ٥٤) مضخة بابن لرفع الماء من المناجم، وتديرها طاحونة مائية تظهر بأعلى الصورة

محاولات بابن

ومكث بابن سنين يحاول اختراع الآلة البخارية، ولكن ضاعت جهوده كلها، ولم يصل إلى طلبته. غير أنه في غضون هذه السنين أوصلته بحوثه في سبيل اختراع الآلة البخارية إلى اختراع عدة آلات أخرى؛ فمن هذه الآلات القارب الغوّاص. وقد كان دربل أول من اخترع ناقوساً للغوص يتحرك تحت الماء، ويقال إنه غاص به في نهر التايمز فترة طويلة، حيث اختفى في الماء في مكان ما، ثم طفا بعدئذ في مكان آخر بعيد. وبعد أن مضى على حادث دربل

هذا سنون، سأل العالم بويل طبيباً كان قد تزوج من ابنة دربل، كيف أن دربل ورجاله لم يختنقوا وهم تحت الماء. فأجابه الطبيب: إن دربل أخذه معه مقداراً من الهواء المضغوط مكّنه وهو ورجاله من التنفس في حيز محدود.

على أننا لا نستطيع في الوقت الحاضر أن نقرر ما إذا كانت قصة دربل هذه صادقة أم ملفقة، ولكن المسلم به أن بابن نجح في إنشاء ناقوس للغوص، ثم في استعماله وهو غائص تحت سطح الماء. ولم يكن ناقوساً بالمعنى الذي يفهم من الكلمة، وإنما كان صندوقاً ارتفاعه ستة أقدام ونصف قدم يتسع لثلاثة رجال يفقون فيه منتصبي القامة. وهو حين ينغمر في الماء لا يختفي أثره بتاتاً، لأن بأعلاه ماسورة تصل إلى سطح الماء، يدخل منها الهواء النقي ويفرغ منها الهواء الفاسد. وكانت المضخة التي تعمل ذلك إحدى مضخات بابن المركزية الطاردة، وتخرج من جانب الناقوس ماسورة تسع رجلاً يزحف فيها. ولها عند طرفها البعيد باب يمكن فتحه تحت الماء. وهذا بطبيعة الحال يفتح طريقاً للماء، لولا أن بابن بإحدى مضخاته قد سده وذلك بدفعه في الماسورة هواء مضغوطاً يطرد الماء، ويستطيع الرجل الزاحف في هذه الماسورة الجانبية أن يبعث بلغم ينسف أية سفينة معادية.

قدر بابن

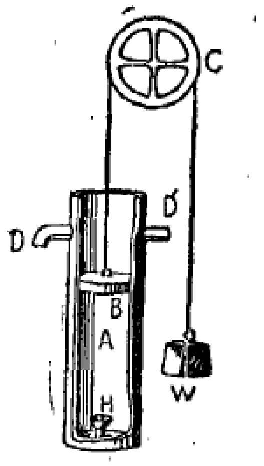
ولئن كان قليلون يعرفون أن بابن هو في الحقيقة مخترع الآلة البخارية، فإن كثيرين يعرفون تلك القدر التي اخترعها لطهي الطعام تحت ضغط مرتفع. وقد سماها "القدر المهضمة". فالماء حين يغلي لا ترتفع درجة حرارته بزيادة النار تحته، إذ أن زيادة الحرارة تزيد فقط في سرعة غليانه وبخره. ولكن إذا منعنا تسرب البخار المتصاعد منه عند تسخينه أمكننا أن نرفع درجة حرارة الماء. فإذا ما كان الغطاء محكماً متين الجدران فإن البخار لن يتسرب ما لم يرتفع

ضغطه كثيراً فيحطم الإناء، وتكون نتيجة ذلك زيادة في درجة الحرارة التي عندها يغلي الماء.

وعلى هذا أنشأ بابن قدراً يغطيها من أعلى ثقل كبير، ولم يسد القدر بغطاء محوي (قلاوظ)، لأن ذلك يؤدي إلى انفجارها، بل كل ما فعله أنه استوثق من عدم تسرب البخار ما لم ترتفع درجة حرارته ارتفاعاً يزيد من قوته فيجعله يرفع هذا الثقل الكبير. وظن الناس حينذاك أنهم إذا طهوا طعامهم في مثل درجة الحرارة المرتفعة هذه، فإنهم لا يحصلون فقط على خلاصة اللحم بل على خلاصة العظام أيضاً. وظنوا أنهم يستطيعون جعل العظام صالحة للطعام مستساغة. وشاركهم بابن هذا الظن أيضاً، فطهي بعض العظام في قدره، فاستحال أصلب عظام البقر والضأن مادة ملساء كالجبن، وتحولت الخلاصة إلى هلام سميك على الرغم من أن العظام نفسها لا تصلح للأكل. وتستعمل القدر المهضمة في أيامنا الحاضرة للحصول على جيلاتين من العظام.

مضخة هيجنز

ولما انتوى بابن أن يخترع الآلة البخارية التي طالما تطلع إلى اختراعها استرشد بما كان يذكره عن آلة اخترعها هيجنز سنة ١٦٧٤، وكان القصد منها رفع الماء عن طريق انفجار البارود. وكان الماء إذ ذاك مطلوباً لبعض أعمال مهمة في قصر ملك فرنسا. فجاء بأسطوانة طويلة تحتوي على مكبس ثقيل، ثم ثبتها في وضع رأسي. وجعل في أسفل الأسطوانة سداداً لولبياً (قلاوظ)، يوضع فوقه قبل سده قليل من البارود وثقاب بطيء الالتهاب، فبعد سده بقليل يلهب الثقاب البارود فينفجر فيدفع المكبس إلى أعلى الأسطوانة، وعندما تبرد الأسطوانة ينخفض المكبس بضغط الهواء عليه فيسحب بهبوطه سلسلة تمر على بكرة وبالسلسلة دلاء مربوطة.



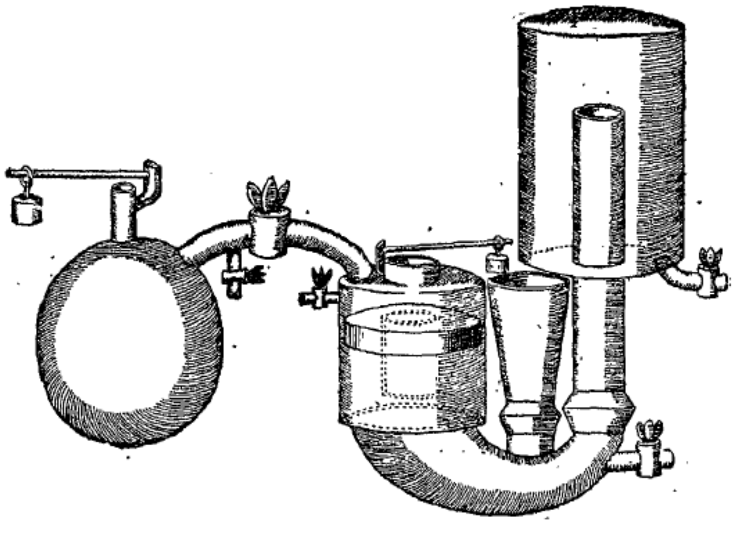
(شكل ٥٥) مضخة هيجنز وتشغل بحرق البارود

الأسطوانة البخارية

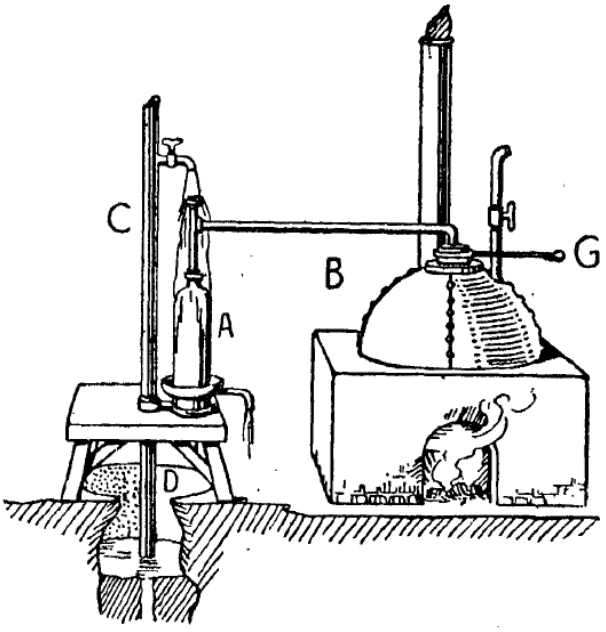
وخطا بابن سنة ١٦٩٠ خطوته الأولى في سبيل إنشاء الآلة البخارية، وذلك باختراعه أسطوانة يتحرك فيها مكبس، لا عن طريق انفجار البارود، بل عن طريق غلي الماء أسفله. ولذلك رأى "أن يوجه البخار إلى أسطوانة فيتحرك عند دخوله فيها مكبسها، ثم تبرد الأسطوانة من الخارج، فيتكاثف البخار ويقل الضغط فيتحرك المكبس إلى مكانه الأول. وفكر في أن يصنع آلة بخارية على أساس هذه الفكرة، أهم ما فيها أسطوانة رأسية ذات مكبس يوضع في قرارها قليل من الماء، حتى إذا سخنت الأسطوانة وتكوّن البخار اندفع المكبس متحركاً إلى أعلى. فإذا أزيل مصدر الحرارة من تحت الأسطوانة بردت، فيتكاثف البخار ويتحرك المكبس بتأثير الضغط الجوي راجعاً إلى مكانه الأول وهكذا".

وأكبر عيب في هذه الآلة، هو أن الأسطوانة تسخن أولاً لكي يتحرك المكبس داخلها ثم بعدئذ تبرد، وكلتا العمليتين تحتاج إلى زمن. وفي سنة ١٧٠٤ تلقى بابن أمراً من أمير ألماني بأن يبتني له آلة بخارية لرفع المياه. وكان بابن قد

اطلع في الوقت عينه على رسم للآلة التي ابتكرها سيفري المهندس الحربي الإنجليزي، وهذه الآلة شبيهة من حيث العمل بالمضخة الماصة الكابسة، لولا أن الأسطوانة في المضخة الماصة الكابسة استبدل بها إناء يوجه إلى داخله خلال أنبوبة بخار صادر من مرجل، فيضغط هذا البخار على سطح الماء الذي في داخل الإناء فينفذ هذا الماء إلى أنبوبة شبيهة بأنبوبة الكبس في المضخة، حتى إذا ما نفذ الماء كله وأصبح الإناء مملوءاً بالبخار سد اتصاله بأنبوبة الكبس وقطع عنه مورد البخار وصب عليه ماء بارد، فيتكاثف البخار داخله، ويصير الضغط فيه صغيراً فينفتح صمام أنبوبة المص فيصعد الماء خلالها إلى باطن الإناء، حتى إذا امتلأ ماء أعيد إيصال البخار إليه وتكرر العمل السابق وهكذا". وهذا بإيجاز بيان الفكرة الأساسية التي بنى عليها سيفري رافعة الماء البخارية التي اخترعها.



(شكل ٥٦) آلة بابن البخارية لرفع الماء



(شكل ٥٧) مضخة سيفرى البخارية

الآلة ذات المرجل

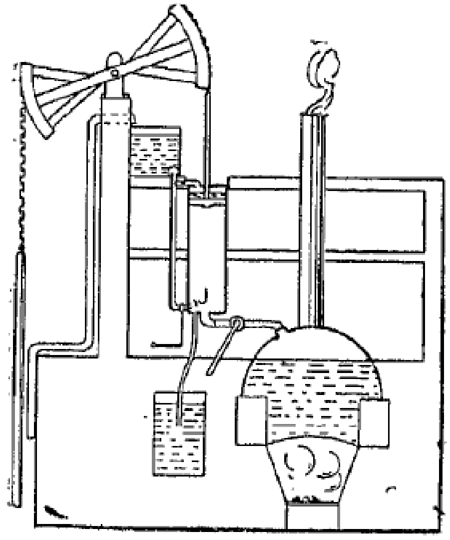
فلما اطلع بابن على الرسم لم ترقه الفكرة، ووجه عنايته إلى إصلاح تلك الآلة وجعلها أوفى بالغرض، وانصرف عن فكرة إدخال الأسطوانة ذات المكبس في الآلة البخارية. وابتكر آلة تتألف من مرجل يوضع في النار ويبقى فيها. فالبخار المتصاعد من هذا المرجل يسير إلى أسطوانة ملئت لنصفها ماء. وعلى سطح هذا الماء يوجد طوف خشبي يمنع بتاتاً اتصال البخار بالماء أسفل الطوف، ويشتمل الطوف على صندوق من حديد وضعت بداخله كرة من حديد مسخنة لدرجة الاحمرار. وعلى ذلك فالبخار لا يبرد عند دخوله الأسطوانة، بل يدفع الطوف إلى أسفلها، ويرغم الماء على السريان داخل ماسورة رأسية تحيط بها أسطوانة أخرى ويضغط الماء الهواء في هذه الأسطوانة الثانية، وقد أعدت لهذا الهواء صمامات تمنعه من العودة. فهو إذن استخدم

لدفع الماء إلى أعلى الماسورة، وبعدئذ يعود الماء إلى الأسطوانة الأولى وتتكرر هذه العملية. وظهر أن هذه الأسطوانة الأولى تظل ساخنة جداً لكي تحفظ للبخار قوته. وبذلك صارت آلة بابن البخارية، تفضل الآلة التي اخترعها نيوكمن، والتي أقيمت في ولفرهمبتون سنة ١٧١١، واستعملت لأول مرة لرفع المياه. "وفيها وصل نيوكمن مكبس الآلة البخارية بإحدى ذراعي رافعة من النوع الأول، جعل ذراعها الأخرى متصلة بمكبس مضخة معتادة، فيتحرك هذا إلى أعلى عند تحرك مكبس الآلة البخارية إلى أسفل وقد أدت الآلة الغاية المقصودة منها (إلى حد ما)، واشتهر نيوكمن من أجلها واتسعت أعماله، وصار من أشهر المهندسين الميكانيكيين في عصره".

وجرب بابن اختراعه أمام الأمير الألماني سنة ١٧٠٦، ونجح فعلاً في رفع الماء بها إلى ارتفاع قدره سبعون قدماً، غير أن المواسير الطويلة جعلت تنضح بعض الماء فغضب الأمير الألماني لذلك، وأبى أن يدفع بعد ذلك مالاً لمواصلة التجارب. فعاد بابن أدراجه إلى لندن، وفي السنة التالية لعودته نشر كتابه المسمى "الفن الجديد لرفع الماء بمساعدة النار على أكمل وجه". ولم يقتصر اختراعه هذا على رفع الماء من المناجم فقط بل عممها فصارت تطلق المدافع وتسير السفن والعربات.

ومات بابن بعد ذلك ببضع سنين ولم يُتم من اختراعه إلا القارب ذا المجذاف. وكأنه من أئمة المخترعين، ولكن المهندسين الذين عاصروه لم يوفقوا إلى إظهار مخترعاته العظيمة ومع أن الآلة البخارية التي اخترعها تختلف كثيراً عن الآلات البخارية في الوقت الحاضر إلا أنها تحتوي على مكبس يعمل في أسطوانة، وعلى صمام أمن، أي أنها تحتوي على الأجزاء الرئيسية الجوهرية في الآلة البخارية الحديثة.

آلة نيوكمن البخارية



(شكل ٥٨) آلة نيوكمن البخارية

ولا يخفى أن نيوكمن صنع آلته البخارية على أساس فكرة بابن الأولى، التي تتضمن استعمال أسطوانة ذات مكبس، "وكان قد أدرك الخطأ الذي وقع فيه بابن، إذ أنه لم يفصل بين المرجل والأسطوانة، فتجنب نيوكمن الجمع بينهما، والفكرة التي اتبعها هي أن يوصل البخار من المرجل إلى الأسطوانة ذات المكبس بصنبور معد لذلك يتعهده شخص، فإذا ما ارتفع المكبس قطع البخار عن الأسطوانة ثم بردها بالماء، فيتكاثف البخار الذي في داخلها، فيندفع المكبس متحركاً إلى أسفل بتأثير الضغط الجوي. فإذا وصل إلى قرار الأسطوانة فتح الصنبور المعد لإدخال البخار في الأسطوانة مرة أخرى وتكرر العمل".

جيمس وات

وظاهر أن تبريد الأسطوانة بالماء البارد من أكبر العيوب لأنه لا يتفق

وسرعة الحركة، وكذلك لا يتفق وضرورة الاقتصاد في الوقود. "ويرجع الفضل في إصلاح هذا العيب الأساسي إلى وات المهندس الإيكوسي الذي أنشأ من الآلة القديمة آلة أخرى تصلح الرفع المياه بل تصلح أيضاً لتحريك كل أنواع الآلات بقوة وسرعة لم تكونا معهودتين في الآلة البخارية قبل.

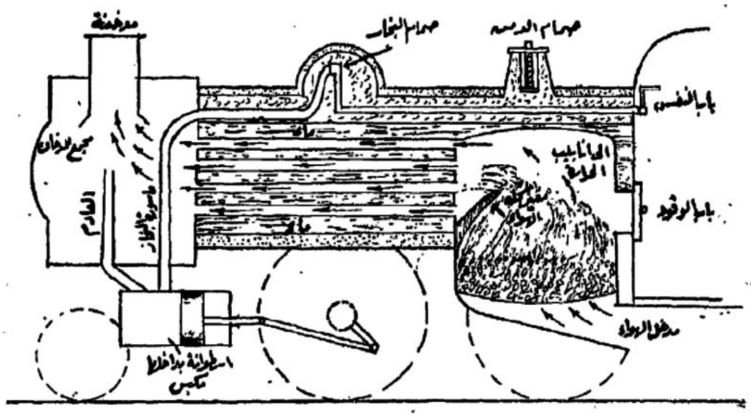
"وكان وات هذا في بادئ الأمر صانع آلات أو ميكانيكياً صغيراً، يشتغل بجامعة جلاسجو بايكوسيا، وهناك تعرف ببلاك كاشف الحرارة الكامنة وصار من أقرب أصدقائه، وكثيراً ما كان يباحثه في إمكان إصلاح آلة نيوكمن التي كانت أرقى آلة بخارية معروفة في ذلك العهد.

"وابتدأ بعض التجارب في هذا الشأن سنة ١٧٦١، ولكنه لم يوفق إلى شيء وقتئذ، وكان بالجامعة نموذج من تلك الآلة قد طرأ عليه بعض الخلل، فكاف وات إصلاحه، فدرس تركيب الآلة درساً دقيقاً، وأدرك بعد أن أصلحها أن فيها عيباً أساسياً يلزم تلافيه، إذ رأى أنه من الضروري أن تبقى درجة حرارة الأسطوانة مساوية لدرجة حرارة البخار حتى يكون المكبس سريع الحركة وتكون الآلة اقتصادية لا تسرف في ضياع البخار.

"ولم ير وات حينئذ سبيلاً إلى ذلك وأعياه الأمر أولاً، ولكنه رأى بعد لأي أن يضيف إلى الآلة إناءً يُوصل بالأسطوانة سماه المكثف، بحيث إذا ملئت الأسطوانة بخاراً وارتفع مكبسها وُصلت فجأة بالمكثف فتمدد فيه البخار وانخفض مكبس الأسطوانة من غير حاجة إلى تبريدها. ولم يكد يفكر في الأمر حتى شرع في تطبيق فكرته عملياً، فلما رآها صالحة أخذ يدخل في الآلة بعض التحسينات الثانوية، وسجل اختراعه هذا أول مرة في يناير سنة ١٧٦٩.

"ثم أخذ يحسن الآلة بحيث جعلها تصلح لتحريك آلات أخرى، حتى لا يظل عملها مقصوراً على رفع المياه، وأخذت الآلة البخارية منذ ذلك الوقت

تسير في سبيل التقدم تبعاً لسنة الارتقاء".



(شكل ٥٩) مقط للقاطرة البخارية

انتهى هذا الكلام المقتبس من كتاب "علم الطبيعة" لمؤلفه الأستاذ نظيف. وعلى كل حال فالفصل في اختراع الآلة البخارية يرجع إلى بابن أولاً، فهو الذي وضع الأساس، وعنه أخذ نيوكمن، وعن هذا أخذ وات. ولا نقول إن الفضل الأول يرجع إلى هيجنز، لأن اختراعه لم يكن آلة بخارية، بل كان الحجر الأول في بناء الآلة ذات الاحتراق الداخلي.

الفصل الحادي عشر

الشرر الكهربائي

حينما كان أهل قرطاجنة يمخرون بسفنهم البحار في محاذاة شواطئ إسبانيا وفرنسا، لكي يستبدلوا بأرجوانهم القصدير، كانوا يعودون إلى بلادهم ومعهم قطع صغيرة من حجر له لون الذهب، غير شفاف، يسهل قطعه. كان يستورده الإسبانيون والفرنسيون من شواطئ ألمانيا ومن بحر البلطيق. وهو في الواقع لم يكن حجراً، بل كان عصارة نوع من شجر الصنوبر تجمدت بعد أن ظلت مطمورة في جوف الأرض سنين طويلة.

فهذا الحجر أو "العنبر" أو "الكهرباء" أو "الكهرمان" كما نسميه الآن كان لقدماء الإغريق والرومان أداة لهو يعجبون لها ويسرون منها. وكانوا يظنون أن له جميع الخواص السحرية. أليس له، عدا جمال منظره إذا صنع عقداً يزين نحر الحسناء، روح اختص به لأنه يجذب إليه أحياناً قطع القش الصغيرة أو ذرات التراب؟ وما كان الأقدمون يستطيعون إلا أن يحسبوا ذلك لرغبة خفية أو إرادة كامنة فيه. وقد عرفوا من قبل مادة أخرى تبدو منها مثل هذه القوة الجاذبة، وتلك المادة كانت حجر المغناطيس الذي يجذب إليه الحديد، والذي لذلك سماه الأقدمون "الحديد المارق"، يريدون "الحديد الحي" كما كانوا يسمون الزئبق "الفضة المارقة".

وكان الدكتور جلبرت، الذي سبق أن تحدثنا عنه في الفصل الخامس، أول من أثبت أن القوتين تتباينان كل التباين، فسمى القوة التي يظهرها العنبر "كهربائية"، وتلك التي يبديها الحجر المغناطيسي "مغناطيسية"، وقال إن القوة

الكهربائية تظهر أو تثار إذا دلكنا العنبر بقطعة من الصوف، أما القوة المغناطيسية فإنها تثار في قطعة من الحديث بدلكها بحجر المغناطيس أو بتعليقها بحيث تتجه وأحد طرفيها نحو القطب الشمالي. وكان الدكتور جلبرت أيضاً أول من اخترع تلك الآلة الصغيرة التي تشبه الإبرة المغناطيسية ليثبت بها الجذب الكهربائي. ولم تكن إلا إبرة من قش ترتكز على سن مدببة، كما ترتكز الإبرة المغناطيسية بالضبط.

الصلة بين الكهربائية والمغناطيسية

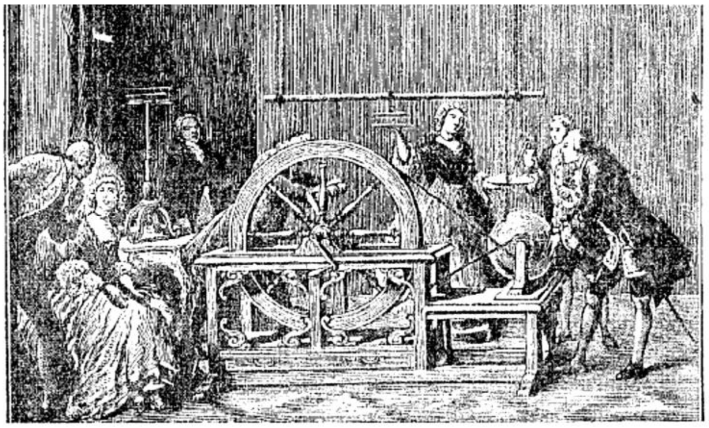
وعلى الرغم من أن جلبرت برهن على أن القوتين الكهربائية والمغناطيسية متباينتان تماماً فقد وقعت حادثة سنة ١٦٨١ أثبتت أن هناك صلة بين القوتين. ففي هذه السنة أبحرت سفينة إلى بوسطن فأصابتها الصاعقة، وهي شرارة البرق، فوجدوا عندما قارنوا البوصلة الموجودة في السفينة بموضع النجم القطبي أن القطب الشمالي للبوصلة متجه نحو الجنوب، وأن قطبها الجنوبي متجه نحو الشمال. فالإبرة في الواقع انعكست، وقد اقتيدت السفينة إلى بوسطن وبوصلتها معكوسة.

وكان الناس حتى في ذلك الوقت يظنون أن هناك ثمت علاقة بين البرق والقوة الكهربائية، وهو ظن تحقق فيما بعد على يد بنيامين فرنكلين. ولاحظ العالم روبرت بويل أن الشعر يخضع بسهولة للجذب الكهربائي. والشعر يمكن في الواقع أن "يكهرب" كما اعتدنا أن نقول ذلك اليوم. فإذا ما جثمت هرة بجوار موقد زمناً ما ثم لطمناها باليد لطماً لطيفاً سمعنا صوت فرقعات صغيرة تشبه الصوت الملازم لحدوث الشرر الكهربائي الصغير، ثم نرى بعض شعر الفرو قد تقارب وبعضه قد تنافر. وهذا أيضاً تشاهده السيدات وهن يمشطن شعورهن. فإذا ما كان الشعر جافاً تماماً تنافر بعضه.

وكذلك في حالة الشعر الصناعي الذي يكون دائماً أجف من الشعر النامي نرى الجذب الكهربائي يحدث بشكل يلفت النظر. وقد لاحظ بويل ذلك كما قلنا منذ أكثر من مائتي سنة فكتب لصديق له يقول: "إن خصل الشعر الصناعي التي تكون في حالة جفاف خاصة تنجذب إلى البشرة. وقد رأيت ذلك في حسناوين تلبسان شعراً مستعاراً. فقد لاحظت أنهما لم تستطيعا أن تحولا دون طيرانه إلى خديهما واللصوق بهما مع أن الخدين خاليان من كل دهان، ولم تكن السيدتان تستعملان الأدهنة. وقد سمحت لي إحداهما بأن أجرى تجربة أخرى، إذ سألتها أن ترفع يدها الدافئة على مسافة قريبة من إحدى هذه الخصل بعد تعليقها في الهواء، فما أن اقتربت يدها حتى انجذب أسفل الخصلة إلى يدها بعد أن كانت الخصلة بأكملها خالصة في الهواء".

مواد تتكهرب

واتضح فيما بعد أن هناك مواد أخرى عدا العنبر والشعر تبدي جذباً كهربائياً. فنيوتن جاء بقرص من الزجاج ووضعه على نضد، ثم جعل يدلكه بقطعة من قماش خشن بال حتى رأى بعض قطع الورق الصغيرة جداً المتناثرة على النضد بالقرب من القرص تنجذب إليه، فإذا ما أدركته استقرت فوقه قليلاً ثم جعلت تزحف ثم تقف بل تقفز ثم تسكن وهكذا. ويمكن إجراء مثل هذه التجربة بسهولة، وذلك بدلك قضيب من شمع الختم بخرقة من الصوف ثم تقريبه ممن قطع الورق.



(شكل ٦٠) آلة جيربك الكهربائية ذات الكرة الكبريتية

ودلك جيربك بيده كرة من الكبريت بدل دلكه العنبر أو الزجاج، وكان قد صنع هذه الكرة بأن جاء بزجاجة كرية وملأها بقطع من الكبريت ثم سخنها فانصهر الكبريت وملأ سائله فراغ الجزء الكري من الزجاجة، وتركه حتى برد فتجمد، ثم كسر الزجاج واستخلص كرة الكبريت، وثبت بالكرة عصا جعلها محوراً لها. ثم ركب المحور في جهاز خاص وأداره فدارت الكرة، وعرض يده لها وهي دائرة فدلكتها، ثم جعل يجذب بها الريش. ونجح في السيطرة بهذه الآلة الكهربائية على الريش المتناثر في الحجرة.

التوصيل الكهربائي

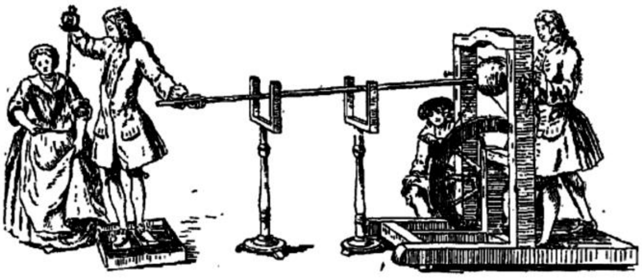
وفي سنة ١٧٣٠ وجد ستيفن جراي – وكان من الموظفين المتقاعدين – أن القوة الكهربائية يمكن أن تنتقل إلى أحد طرفي سلك إذا قرب طرفه الآخر من الجسم المتكهرب. وفسر هذه الظاهرة بقوله إن السلك "وصَّل" الكهربائية. ووجد أن الأجسام كلها تنقسم في هذا الصدد إلى قسمين موصلة وغير موصلة، وأثبت أن جسم الإنسان موصل بأن جاء بصبي وأوقفه على شبكة من الحرير معلقة وكهربه فبرهن على أنه يوصل الكهربائية. ثم وجد أنه بدلاً من تعليق

الصبي فوق الشبكة الحريرية يكفي أن يوقف على قرص من الراتينج لا يوصل الكهربائية كالحرير.

وتلقى الفرنسيون نبأ هذه التجارب بالاهتمام الشديد. وقام العلماء في فرنسا بإجراء تجارب كثيرة في هذا الصدد استخلصوا منها أنه إذا كهرب جسم بشدة أمكن أن يعطي شرراً. ووقف أحدهم على شبكة حريرية معلقة وطلب إلى زملائه أن يكهربوه. فلما كهربوه أمكن لكل منهم أن يخرج منه شرراً وذلك بلمس جسمه. وكان هذا الشرر يحدث صوتاً ووخزاً في جسم المتعرض له. وقال أحد الحاضرين إذ ذاك "لن أنسى أبداً الدهشة التي أحدثتها الشرارة الكهربائية الأولى الخارجة من جسم الإنسان".

الآلات الكهربائية

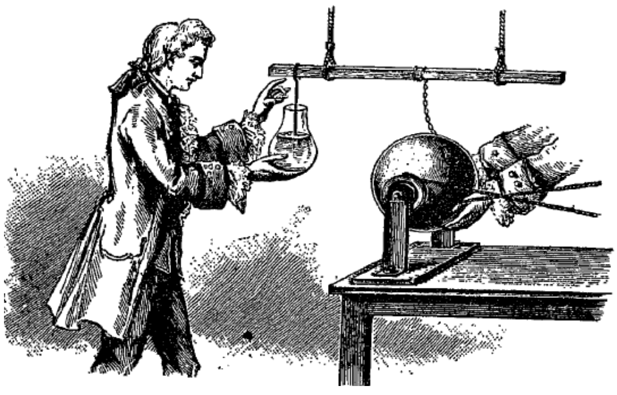
وبلغ الاهتمام بهذه المشاهدة مبلغاً كبيراً، وبدأ الناس يصنعون الآلات الكهربائية. ومن أحسن الآلات التي ظهرت إذ ذاك الوقت تلك التي صنعها الأستاذ بوز الألماني سنة ١٧٤٤، وهي تتألف من كرة زجاجية ركبت في إطار تديره بكرة فتدور الكرة. فإذا وضعت اليد على الكرة الزجاجية أثناء دورانها فإن الكرة تتكهرب، وتسري الكهربائية بالتوصيل خلال أنبوبة قصديرية طويلة تحملها خيوط من الحرير، وجهز طرفها القريب من الكرة الزجاجية بخيوط من الكتان تلمس الكرة فتسري كهربائيتها إلى الأنبوبة خلال هذه الخيوط الكتانية. وإذا وقف عند الطرف الآخر شخص فوق قرص من الراتينج أو الزفت، وأمسك بيد سيفاً مسلولاً، ولمس بالأخرى الأنبوبة القصديرية أمكن استخلاص شرر من طرف السيف، وأمكن لهذا الشرر أن يشعل الكحول الموضوع في إناء تحمله خادم واقفة على الأرض كما ترى في الصورة.



(شكل ٦١)

الآلة الكهربائية ذات الكرة الزجاجية والساق المعدنية، ويحاول الشخص الممسك بالساق والواقف فوق المادة العازلة أن يوقد بطرف سيفه الكحول الذي تحمله الخادم في إناء

ثم استبدلت الكرة الزجاجية بأسطوانة من الزجاج، ولم تستخدم اليد في ذلك الزجاج بل سلطت على الأسطوانة وسادة من الجلد لكي تقوم بعملية الدلك. وأول من فكر في استخدام الوسادة لهذا الغرض العالم الألماني فنكلر أستاذ الفيزيقا بجامعة ليبزج، وكانت وسادته التي استخدمها مصنوعة من الجلد، وتضغط على الزجاج بفعل ضاغط (زنبرك) أعد خصيصاً لذلك. فكانت هذه الوسادة بمثابة يد صناعية، ولكنها لم تكن وافية تماماً بالغرض إلى أن دخلها التحسين فيما بعد بتغطيتها بخليط من القصدير والزئبق. وأخيراً استبدلت بالكرات والأسطوانات أقراصا من الزجاج.



(شكل ٦٢) استكشاف زجاجة ليد

وانتشرت سنة ١٧٤٥ بدعة إجراء التجارب الكهربائية، وذلك بسبب استكشاف جهاز يجعل التفريغ الكهربائي أو الشرارة الكهربائية أشد. وكان استكشاف هذا الجهاز مصادفة، وحدث في آن واحد في بومرانيا بألمانيا وفي هولندا. فقد أراد مرة فون كلايست رئيس أساقفة كاتدرائية كامن في بومرانيا أن يكهرب قارورة من الزجاج، فوضع فيها مسماراً، وأمسك بالقارورة في يده ووصل المسمار بمستودع الآلة الكهربائية، فما كان أشد دهشته إذ شعر برعدة عنيفة ارتجت بها ذراعه عندما قرب يده الأخرى، فلمس بها المسمار. وأراد موشنبروك أحد أساتذة الفيزيقا بجامعة ليدن في هولندا أن يجري تجربة يكهرب بها الماء، فملأ قارورة بالماء وأمسك بالقارورة صديق له يدعى كونوس، وغمر الماء سلكاً أوصله بمستودع آلة كهربائية. ثم أدار الآلة مدة أراد هذا الصديق بعدها أن ينزع بيده الأخرى السلك من الماء، فشعر أيضاً برجة عنيفة آلمته في ذراعه. ورأى موشنبروك أن يعيد التجربة بنفسه، فكان نصيبه أشد من نصيب صديقه، حيث آلمته الرعدة في ذراعه وكتفه. فكتب إلى ريومر العالم الفرنسي ينبئه بأمره، وآلى على نفسه ألا يعود مرة أخرى إلى مثل هذه التجربة، ولو أعطى في سبيل ذلك ملك فرنسا.

وبهذه الكيفية اخترعت الزجاجة التي عرفت فيما بعد بزجاجة ليد نسبة إلى ليدن، وإن كان مخترعها أحجم عن التلاعب بها نظراً لما أصابه. على أن هذا الشعور لم يشاركه فيه غيره، وقام كثيرون يحاولون تجربة الصدمة الكهربائية التي ترج الأجسام وترعدها لكي يروا أثرها فيهم ولكي يخبروا أمرها. ومضى الأستاذ بوز في تجاربه في هذا الصدد غير مكترث مظهراً رغبته في أن تقضي عليه الصدمة لكي تتخذ المجامع العلمية، وعلى الأخص أكاديمية العلوم في فرنسا، موته بهذه الصفة موضوع بحث جديد.

وشاع الجهاز الجديد كل الشيوع واتخذه كثيرون وسيلة للهو والتسلية، واتخذه بعضهم حرفة يسترزقون من ورائها. فكانوا يجوبون البلاد ويعرضون الجهاز للبيع بعد عرض التجارب على الناس، فيصعقون بعض الطيور والحيوان ويصهرون بعض الأسلاك الرفيعة. وتقف ثلة من النظارة، بلغ عددهم مرة مائة وثمانين جندياً، وبضع مئات من الرهبان مرة أخرى، يمسك أحدهم بيد الآخر، ويمسك أولهم في يده الزجاجة ويدني آخرهم يده من الموصل المتصل بباطنها فيرتعدون جميعهم دفعة واحدة من أثر الصدمة، وفي بعض الأحيان كانوا يقفزون.

بنيامين فرنكلين

وأخذت التجارب تتعدد وتتنوع، وأخذت تنتشر من بلد إلى آخر حتى وصلت أمريكا، ولفت حدوثها نظر رجل استطاع أن يخطو بها إلى الأمام خطى أخرى. وهذا الرجل هو بنيامين فرنكلين، وكان إذ ذاك في الأربعين من عمره، يحترف صناعة الطباعة ويشتغل بتحرير جريدة في مدينة فلادلفيا. وقد جابت بعد ذلك شهرته في العمل والسياسة أرجاء العالم، وكان من أكبر الشخصيات البارزة في حركة استقلال الولايات المتحدة ومن أعظم أبطالها. وكان عدا ذلك في مقدمة رجالات العلم الذين لهم فخر الانتساب إلى كل الجمعيات العلمية في أوروبا، ومن معظم علماء الكهربائية في القرن الثامن عشر. فلما استكشف الكهربائية الجوية، كما سيجيئ لقبوه بالرجل "الذي اختطف البرق من السماء والصولجان من الطغاة".



(شكل ٦٣) بنيامين فرنكلين

كشف تأثير الأسنة

شغف فرنكلين بعلم الكهربائية منذ رؤيته تلك التجارب أول مرة، وأخذ يجري هو أيضاً بعض التجارب، فاشتهر أمره سريعاً بين قومه وقصده كثيرون من صبحه وذويه ليشاهدوا في منزله تجاربه الغريبة. وكانت تجاربه الأولى خاصة بتأثير الأسنة وأفضت به إلى كشف عملها في "جذب" الكهربائية من الجسم المتكهرب إليها، وفي دفعها عنه. وتجاربه في ذلك غاية في البساطة. فمنها "أنه

أخذ قنبلة فكهربها وجعل كرة صغيرة من الفلين معلقة بخيط من الحرير تلمسها فتتنافر عنها، فرأى أنه إذا قرب من القنبلة سناً حاداً، كالطرف المدبب لخنجر مثلاً، وهو ممسكه باليد، بطل التنافر بين كرة الفلين والقنبلة، ورانه أنه إذا نظر إلى الطرف المدبب للسن في الظلام أثناء ذلك، ظهر عليه تألق يكون أكثر وضوحاً كلما كان السن أحد. كذلك رأى أنه إذا وضعت على الموصل المتكهرب إبرة صغيرة ذات طرف مدبب حاد زال تكهرب الجسم".

فاستدل فرنكلين من هذه التجارب وأمثالها على تأثير الأسنة، وأرسل إلى الجمعية الملكية بلندن رسالة وصف فيها تجاربه في هذا الموضوع، وضمن هذه الرسالة أيضاً نظريته في الكهربائية، وهي النظرية المعروفة بنظرية "السيال الواحد"، وفيها تعتبر الكهربائية، أو "النار الكهربائية"، كما سماها الفرنسيون، سيالاً منتشراً في الأجسام المادية. فإذا دلك جسمان أحدهما بالآخر ازداد مقدار هذه النار في أحدهما بقدر نقص مقدارها في الآخر. وعبر عن حالة الأول بأن تكهربه زائد، وعن حالة الثاني بأن تكهربه ناقص. ومنذ ذلك الحين سمي نوع الكهربائية الأول "الموجب"، وسمى الثاني "السالب". واقترح فرنكلين على نفر من صحبه أن يصحب تجاربه الكهربائية بإعداد طعام كهربائي لهم، فيه يصعق ديك رومي بصدمة الكهربائية، ثم يشوي فوق نار تشعلها الكهربائية.

البرق شرارة كهربائية

وفي سنة ١٧٤٩ خطر لفرنكلين أن يجري تجارب يثبت بها أن البرق في الحقيقة شرارة كهربائية كبيرة. وكان يظن قبل أن يرى التجارب الكهربائية أن البرق نوع من نفثة كبريتية تنفثها الأرض وتتجمع في الجو. وكان غيره يظن أن البرق فرقعة غازية. وما كان يمكن خبر هذين الزعمين عن غير طريق التجربة. فلا يكفي لتفسير شيء أنه يشبه قليلاً أو كثيراً شيئاً آخر. فقد تتشابه الأشياء

ظاهرياً كل الشبه في حين تكون متباينة كل التباين لا ترتبط بأدنى صلة. مثال ذلك أن الصقيع يبدو على زجاج النوافذ في البلاد الباردة أشبه شيء بأوراق نبات السرخس. ولكن شتان بين نمو السرخس في الغابات ونمو بلورات الصقيع على الزجاج. ففي الأول لابد من تربة وبذرة وتغذية ودرجة حرارة خاصة، وفي الثانية لا يحتاج الأمر لغير الماء والبرد الشديد. ولكن فرنكلين كان ذا نزعة علمية صادقة. فلما وجد أن المشاهدات تدل على وجود تشابه كبير بين الشرارة الكهربائية التي يمكن الحصول عليها عند تفريغ زجاجة ليد وبين شرارة البرق، لم يشأ أن يقول على الفور إنهما من طبيعة واحدة. فهما يتشابهان في إحداثهما ضوءاً واحداً، وفي تعرج مسيرهما وسرعة حركتهما، وفي انتقالهما في الموصلات وصهرهما المعادن، وإشعالهما المواد القابلة للالتهاب وقصفهما الأشياء، وقتلهما الحيوانات في الحال، وإحداثهما نفس الصوت ونفس الرائحة. فاستنتج أن البرق قد لا يختلف في طبيعته عن الشرارة الكهربائية وإن كان أشد وأعظم منها أثراً.

فما الذي إذن هو صانعه؟ عليه أولاً أن يجري في معمله تجربة يحاكي بها البرق، وثانياً أن يحصل على كهربائية من الجو. فأما عن التجربة الأولى "فقد علق من سقف غرفته ميزاناً ذا كفتين، وكانت كفتاه معلقتين بخيوط من حرير، وكانت إحداهما متكهربة والأخرى غير ذلك، وأدار عاتق الميزان عدة مرات حتى إذا التوى الخيط المعلق منه وترك وشأنه دار العاتق بالكفتين لكي يرجع الخيط إلى حالته الأولى فلا يكون فيها التواء. ووضع على أرض الغرفة تمثالاً من الحديد، حتى إذا تحركت الكفتان حركتهما الموازية لأرض الغرفة، دنت كل منهما بالتبادل منه ومرت من فوقه، فشاهد أنه عندما مرت الكفة المتكهربة من فوق الجسم هوت نحوه من جراء التجاذب المتبادل بينهما، ونشأ عن ذلك

أحياناً حدوث شرارة بينهما تتفرغ بها شحنة الكفة. وشاهد أيضاً أنه إذا وضعت بالقرب من الجسم إبرة متصلة بالأرض، بحيث تكون قائمة، وكان طرفها المدبب مشيراً إلى أعلى ويعلو فوق الجسم، مرت الكفة المتكهربة من فوقه وتفرغت شحنتها دون أن يحدث شيء ما".

فالكفة المتكهربة في هذه التجربة تمثل السحابة المتكهربة، والشرارة التي تحدث بين الكفة والجسم تمثل الصاعقة التي تنقض على بناء مرتفع أو سفينة في البحر أو شخص في العراء. ورأى فرنكلين أنه يمكن بتأثير الأسنة تفريغ تكهرب السحب التي تحلق فوق بناء عال، من غير أن يصيبه ضرر، كما أمكن في التجربة تفريغ شحنة الكفة المعلقة دون أن يحدث بينها وبين الجسم شرارة. فلم يبق إذن إلا أن يجذب فرنكلين إليه شرارة كهربائية من البرق لكي يبرهن على أن البرق تفريغ كهربائي.

وهنا فكر في التجربة الثانية. رأى أن يقيم على أعلى برج ساقاً مدببة من الحديد تخرج من كوخ صغير من الخشب على قمة البرج، وتتصل بكرسي معزول ذي قوائم من زجاج، ويبلغ ارتفاعها نحو ثلاثين قدماً أو يزيد. فإذا وقف فوق الكرسي رجل، ثم حلقت بين البرج سحابة متكهربة، اتصل إليه بتأثير السن بعض الكهربائية، وأمكن إحداث الشرر الكهربائي كالمعتاد.

وكتب فرنكلين للجمعية الملكية بلندن يقترح عليها إجراء هذه التجربة، ولكن الجمعية عدت رأيه خيالياً ولم تقدم على تشجيعه، فرأى أن يسعى لجمع المال عن طريق اليانصيب لكي يتسنى له أن يبني برجاً لهذا الغرض. وبينما هو يعمل الفكر للوصول إلى غرضه بلغه أن التجربة التي اقترحها قد أجريت في باريس، وأنها نجحت النجاح المرجو. ذلك أن من يدعى دالبار أحد علماء فرنسا قد أجرى تجربة في قرية مارلي بالقرب من باريس، حيث أقام قضيباً من

المعدن طوله أربعون قدماً وعزله وركزه فوق نضد داخل كوخ، واخترق بالطبع سقف الكوخ. وجعل بقربه سلكاً من النحاس مثبتاً في قارورة من الزجاج، وأقام على حراسته جندياً قديماً من حرس الملك، وأوصاه أن يرقب السماء حتى إذا تلبدت بسحابة مبرقة مرعدة أسرع إلى الكوخ وقرب السلك من القضيب. فلبث الجندي ينتظر حتى وقع بعد بضعة أيام ما كان ينتظر فأسرع إلى السلك يدنيه من القضيب، فحدث شرر كهربائي أفزعه وجعله يشم رائحة كرائحة الكبريت، وخيل إليه أن ثمت شيطاناً يسخر منه. ففر هارباً إلى قسيس القرية يستعيذ به من ذلك الشيطان الماجن. ولكن القسيس عرف أن ذلك لم يكن من فعل شيطان، وجعل يحدث شرراً من القضيب بوساطة السلك، ثم كتب إلى دالبار يصف له ما جرى، فسر دالبار لذلك، وتأكد أن رأي فرنكلين لم يكن مجرد حدس بل كان حقيقة لا ريب فيها. ولكن هل اقتنع فرنكلين لما بلغه نبأ هذه التجربة؟ كلا بل قام في ذهنه أن القضيب أقصر من أن يبلغ السحب، وأنه ربما يكون قد تكهرب من غيرها. وإذن لا بد من تجربة أخرى فاصلة. "فصنع طيارة كالطيارات المعتادة التي يلهو بها الصبية، من الحرير لكي تقوى على عصف الرياح والأمطار، وجعل في أعلاها سلكاً ذا طرف مدبب طوله قدم أو أكثر. وفي يوم عاصف في شهر يونية سنة ١٧٥٤ استعان بابنه، فأرسلها في الجو وربط خيط الطيارة في شريط من الحرير جعله في يده، وجعل عند اتصال الشريط بالخيط مفتاحاً، ووقف تحت مظلة يتقي بها الأمطار يرقب ما بيده. فمرت من فوقه سحابة ولم يحدث شيء. وانتظر وطال به الانتظار، فمل وكاد ييأس وإذا بأوبار الشريط قد انتصبت متنافرة. فلما أدنى منها يده انجذبت نحوها، فأدنى إصبعه من المفتاح فحدثت شرارة، فلما بللت الأمطار خيط الطيارة زادت الشرارة شدة، فأدنى من المفتاح اللبوس الداخلي لزجاجة ليد فشحنها. ثم أجرى بعد ذلك بعض التجارب المعتادة مستعملاً كهربائية

السحب، فتحققت آراؤه".

نوع كهربائية السحب ومانعة الصواعق

"وتتبع فرنكلين هذه البحوث فاختبر نوع كهربائية السحب فوجدها موجبة أحياناً وسالبة في الغالب، وبين فكرته في وقاية المباني بوساطة مانعة الصواعق. ومن تجاربه التي أجراها أنه نصب في بيته قضيباً من الحديد طرفه الأعلى المعرض للجو مدبب حاد، وجعل القضيب معزولاً ووضع بقربه على بعد قدره ست بوصات قضيباً متصلاً بالأرض، وثبت على كل منهما ناقوساً صغيراً، وعلق بين الناقوسين كرة صغيرة من المعدن بخيط من الحرير، حتى إذا تكهرب القضيب الأول بتأثير كهربائية السحب، انجذبت الكرة إلى الناقوس المتصل به فطرقته وتكهربت بالتلامس بنوع كهربائيته، فتنفر عنه منجذبة إلى الناقوس الآخر فتطرقه وتفقد بملامسته كهربائيتها، وتنجذب مرة أخرى إلى الناقرس الأول وهكذا، فيدق الناقوسان منبئين بدنو السحب المتكهربة.

"وقد انتشر ذكر تجارب فرنكلين هذه وبحوثه في أمريكا وأوروبا، وطبقت مانعة الصواعق التي اقترحها لوقاية المباني على الرغم من معارضة بعض رجال الدين في ذلك. وأقر أعضاء الجمعية الملكية في لندن بصدق آرائه ونظرياته، ومنحوه مدلاة (مدالية) ثم انتخبوه سنة **١٧٥٦** عضواً إقراراً بفضله".

ولم تكن توصل في بعض الأحيان هذه الموصلات بالأرض، بل كانت توصل بجهاز خاص لقياس مقدار الكهربائية، كما أنها كانت توصل أحياناً بزجاجة ليد لجمعها. وأجرى رتشمان في بتروغراد تجارب في هذا الصدد، وبينما كان هو وصديق له يلاحظان الآلة القائسة، رأى ذلك الصديق كرة من نار زرقاء تخرج من القضيب وتنقض على رأس رتشمان فتقتله على الفور. على أن موت ذلك الرجل لم يثر في القلوب فزعاً، بل أثار حسداً، وتمنى بعضهم لو مات مثل هذه

الميتة المشرفة. واهتم العلميون بموت رتشمان وفحصوا جثته، فكان أول وآخر ضحية في هذا الصدد، لأن الذين تبعوه اتخذوا من موته الحيطة التي تقيهم مثل هذه الأخطار.

أما فرنكلين فلم تتح له أعماله السياسية الاستمرار في بحوثه الكهربائية، وظل يكافح إلى أن دحر الطغاة، وبلغ من استقلال بلاده غاية ما تمناه. وهكذا الحياة عقيدة وجهاد.

الفصل الثاني عشر

التيار الكهربائي

استخدمت الآلة الكهربائية التي مر بنا ذكرها في الفصل الماضي في استخلاص ما سميناه "السيال الكهربائي" من جسم ما بدلكه. ورأينا أن ذلك السيال يحدث أثناء سيره في الهواء شرارة وضوءاً، ورأيناه يؤلم الإصبع، ويحدث في حالة ما لو كان كبيراً صدمة قوية قاسية تقتل صغار الحيوان، ورأيناه في صيغة البرق أو الصاعقة يقتل الإنسان.

وقد سمى فرنكلين هذا السيال كما مر بنا "النار الكهربائية"، وظن أنه سيال دقيق جداً ولطيف جداً، وأنه موزع في الطبيعة كلها، وأنه سبب الحوادث الكهربائية جميعها.

ولما وجد أن خيطي الحرير المشحونين بالكهربائية يتنافران استنتج أن جزءاً من السيال الكهربائي يؤثر بالتنافر في أي جزء آخر منه. وكان يرى أنه إذا دلك جسم جسماً آخر فإن بعض السيال ينفصل من أحدهما لكي يمتصه الآخر، فإذا ما تم ذلك تجاذب الجسمان بنسبة مقدار ذلك الجزء الممتص من السيال الكهربائي. وعلى ذلك فهناك تجاذب وتنافر كهربائيان، وأن التجاذب إنما يحدث بين السيال الكهربائي وأي جسم يكون قد فقد القدر المعتاد الذي يخصه من هذا السيال، وأن التنافر يحدث بين أجزاء من السيال نفسه وأيضاً بين جزءين من المادة فقدا بعض سيالهما الكهربائي. ومن ثم اعتقد فرنكلين أن علم الكهربائية بأجمعه يمكن أن يقام على دراسة حركة السيال الكهربائي وتوزيعه.

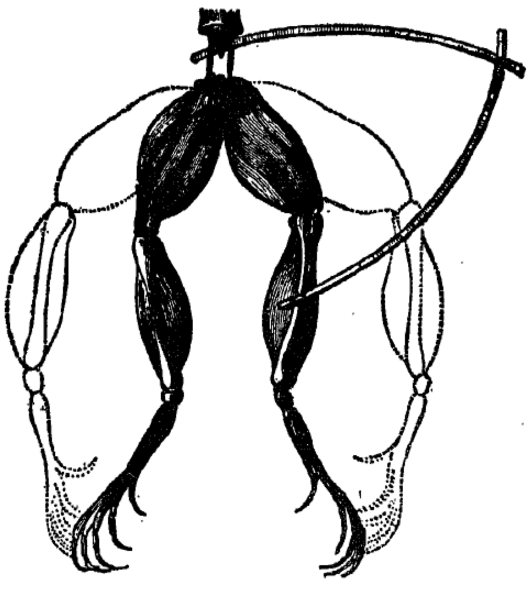
السيال الكهربائي عديم الوزن

وحاول فرنكلين أيضاً أن يجد ما إذا كان ينقص وزن الجسم بعد فقده جزءاً من سياله الكهربائي الطبيعي الموجود فيه أم لا، ولكنه لم يجد فرقاً بين الوزنين، فأدى به ذلك إلى القول بأن السيال الكهربائي لا وزن له. وهو قد عرف الفرق بين الأجسام التي توصل الكهربائية وتلك التي لا توصلها، وكان من رأيه أن الأجسام الموصلة يمكنها أن تأخذ من السيال مقداراً كبيراً وتخزنه في داخل مادتها. وانتهى إلى أنه لا يمكن إلا استخلاص قدر معين من كهربائية أي جسم مهما دُلك، وفرض أن مقدار الكهربائية في الجسم محدود، وأنه يمكن الحصول على الحد النهائي للكهربائية بعد قدر خاص من الدلك. أما كون الآلة تعطي إيراداً ثابتاً من الكهربائية، فقد فسره بأن فرض أن الكهربائية تعود ثانية إليها خلال الهواء. وعلى ذلك فهناك دورة كهربائية مطردة، أو بعبارة أخرى يوجد نوع من تيار كهربائي، ولكنهم لم يتوصلوا في زمن فرنكلين إلى طريقة يحدثون بها تياراً كهربائياً مطرداً.

وإذا نحن أردنا أن نوازن بين التيار الكهربائي والتيار المائي، فإنه يمكن إجراء الموازنة كما يأتي: البرق والشرارة الكهربائية يشبهان رشاش الماء المتساقط من علو كبير، والمحدث من ثم صوتاً عظيماً. وتعطي الآلة الكهربائية نوعاً من تيار يمكن أن يقارن به جدول ماء يجري ماؤه على الصخر فيحدث جلبة كبيرة، على حين أن مقدار الماء الجاري قليل. وكان الكشف العظيم الذي تلا ذلك في الكهربائية هو كيفية إحداث تيار مستمر يمكن أن يقارن بانسكاب الماء من صنبور باستمرار ودون جلبة. وقد وصلوا إلى استكشاف ذلك وإنما بطريقة غير مباشرة.

الكهربائية الحيوانية وكشف التيار

ففي أواخر القرن الثامن عشر عثروا على نوع غريب من السمك هو السمك الرعاد؛ فهذا السمك يدافع عن نفسه عند مهاجمته، وذلك بإطلاق كهربائية تحدث لكل من يقترب منه صدمة شديدة، فلما تحقق العلم من كهربائية هذا السمك انحازوا إلى الرأي القائل بأن جميع حركات العضلات كهربائية. وأجرى أحدهم – كما سيجيئ – تجارب على الضفادع كانت نتيجتها مجاهرته بأن نوعاً من البخار الكهربائي يسري خلال العضلات والأعصاب، ويُحدث عدا حركة الحيوان أنواع الإحساس عنده، وبذات جهود كثيرة لاستكشاف هذا البخار الكهربائي أو "الكهربائية الحيوانية".



(شكل ٦٤) أثر التيار الكهربائي في ساقي الضفدعة

وتبدأ قصة ذلك سنة ١٧٩٠ عندما شاهد الأستاذ جلفاني الطبيب الإيطالي أول مشاهدة جدية في هذا الصدد. فقد حدث أن اعتلت صحة

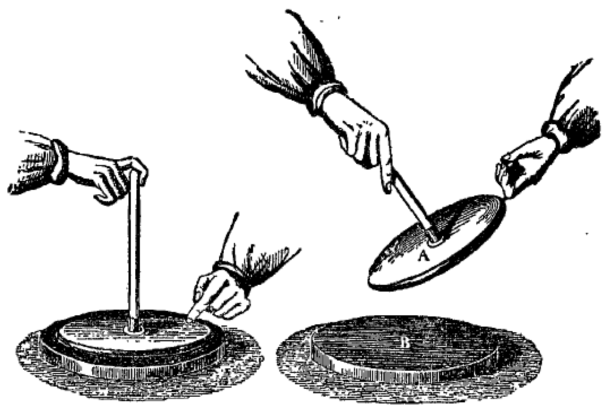
زوجته، فوصف لها أن تأكل أرجل الضفادع. فأجرى الأستاذ تجارب على بعض منها، ولكنه لم يشر في بيانه إلى مرض زوجته، ولا إلى أرجل الضفادع كطعام سائغ ينفع المرضى. وكل ما ذكره أنه وضع النصف الخلفي لضفدعة (يريد رجليها الخلفيتين مع قطعة من عظمة ظهرها) فوق نضد عليه آلة كهربائية بعيداً عن مستودعها. وحدث أن لمس أحد مساعديه بمشرطه أعصاب الرجلين، فلاحظ لدهشته أن هاتين الرجلين المائتتين قد ارتعدتا ارتعاداً عنيفاً. ونسب مساعد آخر حدوث ذلك إلى شرارة خرجت من الآلة الكهربائية. ويقول جلفاني في هذا الصدد: "إن هذا المساعد قد لفت نظري إلى تلك المشاهدة التي أدهشته، وعلى رغم انشغالي بأمر آخر ذي بال فقد تاقت نفسي توقاناً شديداً إلى فحص ذلك واستجلاء أسبابه الخفية. ولذا لمست بمشرطي غير عصب من أعصاب الضفدعة، وفي الوقت عينه أحدث أحد مساعدي شرارة من الآلة الكهربائية فكان التأثير واحداً، إذ أنه في كل حالة تقلصت بشدة عضلات الرجلين في لحظة حدوث الشرارة، وكأنما قد أصاب الضفدعة تشنج شديد".

واقتنع جلفاني تمام الاقتناع بأنه استكشف الكهربائية الحيوانية، واستخلص من تجارب أجراها أنه متى ما لمس معدنان مختلفان أرجل الضفدعة ارتعدت، وحاول ذلك مع الحديد والنحاس، ومع الرصاص والفضة، وتأكد في النهاية أن الفضة خير موصل للكهربائية الحيوانية، وتمسك جلفاني برأيه الخاص في الكهربائية الحيوانية، واستمر يدافع عنه حتى أدركته منيته بعد ذلك بثمان سنوات. وكان رأيه هذا هو أن حركة الارتعاد نتيجة لتفريغ كهربائي يحدث خلال الساق المعدنية، كما يحدث في تفريغ زجاجة ليد، وذهب إلى أن التفريغ الكهربائي يحدث بين الكهربائية الموجبة التي موضعها العصب، والكهربائية

السالبة الموجودة على العضلات. وأن الساق المعدنية ما هي إلا موصل ينحصر عمله في توصيل نوعي الكهربائية أحدهما بالآخر. ولكن رأيه هذا قد هاجمه إيطالي آخر هو فولتا أستاذ الفيزيقا في جامعة بافيا.

الإلكتروفورد

وكان فولتا إذ ذاك معروفاً في الأوساط العلمية لاختراعه آلة كهربائية بسيطة تعطي إيراداً مستمراً من الكهربائية. وتتألف هذه الآلة من قرص مصنوع من الراتينج المخلوط بالطورمنتينا والشمع. ويغطي هذا القرص لوح رفيع من القصدير ذو مقبض من الزجاج. فالقرص يُلطم بجلد الهر أو بخرقة من الصوف، ثم بعدئذ يوضع الغطاء القصديري على القرص ويلمس بالإصبع، فتتولد بلمسه شرارة صغيرة. وبعد ذلك يرفع الغطاء القصديري من مقبضه، فيصبح مشحوناً شحنة كهربائية كبيرة قوية. وبتكرار وضع الغطاء على القرص، ثم لمسه بالإصبع، ثم رفعه من مقبضه الزجاجي يمكن الحصول على أي قدر من الكهربائية دون تجديد شحنة القرص بلطمه من جديد. وسميت هذه الآلة الإلكتروفورد أي مولد الكهربائية.



(شكل ٦٥) الإلكتروفور أو مولد الكهربائية

وظل فولتا يعارض نظرية جلفاني الخاصة بالكهربائية الحيوانية إلى أن هدم النظرية من أساسها بعد سلسلة بحوث وتجارب طويلة ناجحة. فمن تجاربه تلك التي بين بها أن الكهربائية التي كشفها جلفاني وسماها كهربائية حيوانية تحدث آثاراً أخرى غير الارتعاد. فقد أخذ ساقاً منثنية نصفها من معدن ونصفها الآخر من معدن آخر، ثم وضع أحد طرفيها في الفم، ولمس بالطرف الآخر الجفن الأعلى للعين. فلما تم التلامس أحس بإحساس بصري غريب. ومن تجاربه أنه أخذ قرصين صغيرين في حجم قطع النقود، أحدهما من الرصاص والآخر من الفضة، ووضع أحدهما فوق اللسان والآخر من تحته، ثم وصل القرصين معاً فشعر بشيء من الحامض في فمه يزول إذا ما انفصل القرصان. وأمكنه الحصول على طعمين مختلفين من الحامض عندما غير موضع القرصين بالنسبة للسان. ولاحظ أن شعوره بهذا الطعم ينعدم لو استعمل قرصين من معدن واحد، فاستنتج أن التأثير الذي لاحظه جلفاني لا يرجع في الحقيقة إلى وجود كهربائية بل إلى تلامس قطعتين من معدنين مختلفين، وما كانت أرجل الضفدعة في تجربة جلفاني إلا كما كان اللسان في تجربته، أي مجرد موصل للكهربائية التي توجد بمجرد تلامس المعدنين.

الكهربائية بالتلامس

وأجرى فولتا تجارب على عدد كبير من المعادن المختلفة، وأثبت أن حدوث الكهربائية بالتلامس يمكن إثباته بآلة قائسة من الآلات التي تسمى كشافات كهربائية اخترعها هو وبذل مجهوداً كبيراً في جعلها دقيقة كبيرة الحساسية. ووجد أن المعادن تختلف في هذا الصدد اختلافاً بيناً، إذ يعطي بعضها كثيراً من الكهربائية، يعطي بعضها القليل منها، وقد وجد أن الخارصين والنحاس معاً خير الفلزات كلها في توليد الكهربائية. وقد وجد أن الخارصين

بعد ملامسته النحاس يتكهرب بنوع كهربائية الزجاج المدلوك بالحرير، ووجد أن النحاس بعد التلامس يتكهرب بنوع كهربائية الشمع أو الراتينج بعد دلكهما بالصوف أو بجلد الهر. وسميت الكهربائية الأولى زجاجية والثانية راتينجية. ويتجاذب نوعا الكهربائية هذان، وإذا سمح لهما بالاتحاد اندفع معاً وكونا شرارة ثم اختفيا بتاتاً، فكأنما يمحو الواحد منهما الآخر. وإذا نحن تتبعنا مصطلحات الحساب والجبر وأمكن أن نسمي نوعي الكهربائية هذين: الموجب والسالب.

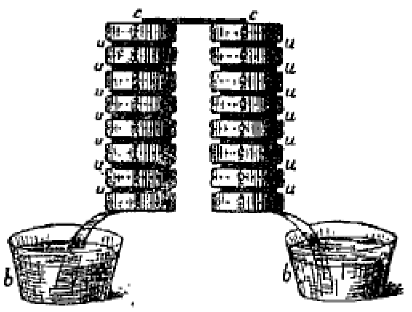
وكان فرنكلين يظن أن الكهربائية الموجبة هي السيال الكهربائي الحقيقي، وأن السالبة إنما هي فقدان هذا السيال. ولكن ذلك لم يكن إلا مجرد حدس منه، إذ أنه قد كان له أن يحدس العكس أيضاً. ولو أنه فعل لكان أقرب إلى الصواب. وعلى كل حال فالواقع أنه لم تكن تعرف في ذلك الوقت طريقة لمعرفة السيال الكهربائي الحقيقي، ولا لمعرفة عدد السيالات الكهربائية الممكنة. غير أن فولتا كان واثقاً من وجود الكهربائية الزجاجية والراتينجية، أما جلفاني فقد قال عدا ذلك بوجود سيال ثالث سماه الكهربائية الحيوانية.

عمود فولتا

واستطاع فولتا بعد كثير من التجارب أن يرتب المعادن الشهيرة في صفوف بحيث إذا لامس معدن منها آخر يليه في الترتيب تكهرب الأول بكهربائية موجبة، والثاني بكهربائية سالبة. وكانت هذه السلسلة مرتبة كما يأتي: الخارصين فالرصاص فالقصدير فالحديد فالنحاس فالفضة فالذهب. ووجد أن الخارصين لا يمكن أن يتكهرب بالتلامس كهربائية سالبة، وأن الذهب لا يمكن أن يتكهرب كهربائية موجبة. وكلما تباعد المعدنان المتماسان في جدول الترتيب اشتد التكهرب. وعلى ذلك فأشد تكهرب يحدث بتلامس الخارصين والذهب. ورأى أيضاً أنه إذا وضع أقراصاً من معادن مختلفة بعضها فوق الآخر فإنه يحصل على

أكبر أثر كهربي، ولكنه وجد أن الأثر يبقى كما هو، أي كما لو تلامس كلاهما رأساً من غير أن تتوسط بينهما الأقراص الأخرى. ولكن إذا رتبت هذه الأقراص أزواجاً كل زوجين منهما يتلامسان، وكان أحدهما من النحاس مثلاً والآخر من الخارصين ثم وضعت هذه الأزواج بعضها فوق الآخر بنظام واحد وبحيث يفصل بين كل اثنين منها ورق مقوى أو جلد أو نسيج مندى بماء أو بحامض الكبريتيك المخفف، فإن الأثر الكهربائي يكون شديداً، تزيد شدته كلما زاد عدد الأزواج. وفعلاً ثبت أربعة قضبان من الزجاج في وضع رأسي، وجاء بعدد من أقراص الخارصين والنحاس والورق المندى بالماء الملح، ثم وضع قرصاً من النحاس في القرار بين القضبان الزجاجية الأربعة. وفوق هذا وضع قرصاً من الخارصين فقطعة من الورق المقوى المندى، ثم لوحاً من النحاس فلوحاً من الخارصين فقطعة أخرى من الورق، وهكذا إلى أن تكون لديه عمود كبير من تلك الأقراص المزدوجة، وهذا العمود هو الذي يعرف منذ ذلك الوقت إلى يومنا باسم عمود فولتا.

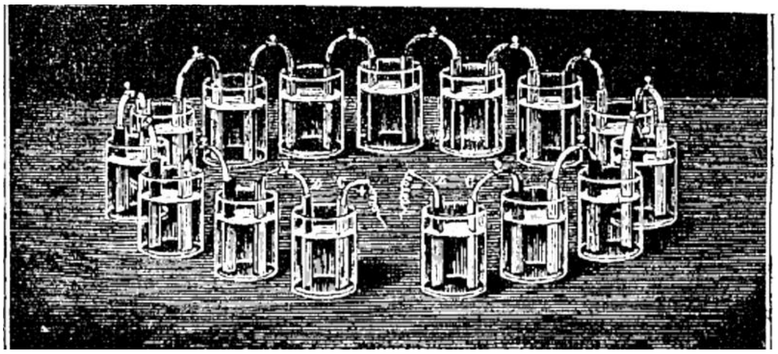
ولما تم له استكشاف هذا العمود أرسل سنة ١٨٠٠ خطاباً إلى رئيس الجمعية الملكية بلندن ضمنه شرحاً مستفيضاً له نشر في مجلة تلك الجمعية، وذاع أمره سريعاً في إنجلترا وغيرها من ممالك أوروبا.



(شكل ٦٦) عمود فولتا

العمود البسيط والتيار

على أن الشرارة التي حصل عليها فولتا من عموده هذا لما وصل بسلك أعلاه بأسفله كانت صغيرة، ورأى أن يسميه "العضو الكهربائي الصناعي" لكي يلفت النظر إلى المشابهة بينه وبين العضو الكهربائي في السمك الرعاد. وما كان هذا العمود ليعمر طويلاً فماؤه إما أن يخف، وإما أن يسيل من الجوانب إذا كان كثيراً، وبذلك لا يتم التماس بين المعدنين المختلفين. فاخترع لهذا جهازاً آخر سماه "تاج الكؤوس"، ويتركب من سلسلة كؤوس تحتوي على الماء الملح أو على حامض الكبريتيك المخفف، وقد غمرت في سائل كل كأس قطعتان، إحداهما من النحاس والأخرى من الخارصين، ووصلت الكؤوس على التوالي، أي وصلت قطعة الخارصين في إحداها بقطعة النحاس في الكأس المجاورة. وبذلك يمكن أن يحدث في قطعة النحاس في الكأس الأولى وقطعة الخارصين في الكأس الأخيرة تلامس فتكهرب قد يؤدي إلى حدوث شرر صغير إذا ما تقاربت القطعتان. وذلك هو العمود البسيط الذي كان فولتا أول من اخترعه وأول من استطاع أن يجهز بطارية كهربائية بتجهيز عدة أعمدة بسيطة ثم توصيلها على التوالي.



(شكل ٦٧) تاج الكؤوس

تحليل الماء بالتيار وكشف بعض العناصر

ولم يكن مجرد حدوث الشرارة الكهربائية من العمود أو من تاج الكؤوس يكفي لإثبات أن هذه الكهربائية هي نفس الكهربائية التي تحدثها الآلة الكهربائية، ولكن ذلك الشك لم يدم طويلاً. ففي سنة ١٧٨٩ استخدمت زجاجة ليد في تحليل الماء إلى الغازين المكونين له وهما الإيدروجين والأكسجين، وذلك بجعل الشرارة تسري خلال الماء جملة مرات. وقد وجد أن هذا التحليل يتم بفعل التيار الكهربائي الحادث من عمود فولتا، ومن الغريب أن ذلك قد جاء مصادفة. فإن رجلاً يدعى وليم نكلسن صنع عموداً كعمود فولتا يتركب من أقراص الخارصين والفضة، ووصل طرفيه بسلك. ولكي يتأكد من دقة التماس وضع على القرص نقطة ماء عند تلامس السلك به. فلاحظ ظهور فقاقيع صغيرة جداً في نقطة الماء، وعلى الرغم من أن مقدار الغاز المتصاعد كان صغيراً جداً فقد خيل إليه أنه يشبه غاز الإيدروجين. فأجرى من فوره تجربة أخرى وصل فيها سلكين نحاسيين أحدهما بأعلى العمود والثاني بأسفله، ثم غمرها في الماء فشاهد تصاعد فقاعات من الغاز على السلكين. ولما اختبر الغازين المتصاعدين وجد أحدهما أيدورجيناً والثاني أكسيجيناً. وكانت بحوث كفندش وغيره قد دلت من قبل على أن الماء مركب من هذين العنصرين. فدلت هذه التجربة على أن الماء ينحل بالكهربائية فعلاً، وكان ذلك أول الخدمات التي أداها التيار الكهربائية لعلم الكيمياء.

وتتبع العلماء دراسة هذا الموضوع، وأفضى البحث سنة ١٨٠٧ بالعالم ديفي إلى كشفه أن الصودا والبوتاسا ليسا عنصرين بل هما مركبان يمكن تحليلهما بالكهربائية، ومن ثم حصل على عنصري الصوديوم والبوتاسيوم، ووفق إلى كثير من الكشوف.

واستطاع ديفي بعد ذلك أن يحصل على بطارية قوية تحتوي على ألفي زوج من الأزواج المعدنية، فأمكنه متابعة بحوثه الكيماوية الكهربائية، وحصل بوساطتها على ضوء شديد يخطف الأبصار مما سنفصله في حينه عند الكلام على الضوء الكهربائي.

الفصل الثالث عشر

التلغراف

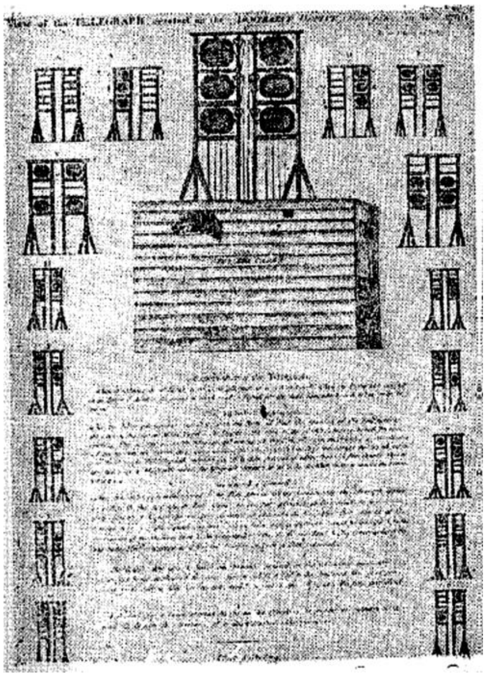
حينما يتجاذب اثنان أطراف الحديث فإنهما يسلكان في ذلك طريقاً واحداً من اثنين، وكلا الطريقين معقد غاية التعقيد في الواقع؛ فبالفم واللسان والحلقوم يغير المتكلم تيار الهواء الصادر من الرئتين، محدثاً فيه اهتزازات متنوعة، ثم تنتقل هذه الاهتزازات إلى الهواء الخارجي الذي يحملها إلى أذن المستمع. وذاك هو الكلام. وتبدو من المتكلمين إشارات وحركات تراها العين، فهم يحركون شفاههم وجفونهم وحواجبهم، ويحركون أيديهم أحياناً، فتكسب كل حركة من هذه كلامهم صبغة أو قوة خاصة، وتحدث هذه الحركات أثراً في موجات الضوء السارية هنا وهناك بين المتكلم والمستمع، بل في جميع الجهات. وبهذه الكيفية تساعد العين اللسان والأذن، أو بعبارة أخرى تساعد الرؤية الكلام.

فإذا ما تباعد شخصان ورغبا في الكلام فإنهما يصيحان، وكلما طالت المسافة بينهما خفت الصوت شيئاً فشيئاً حتى ينعدم، ولا يبقى لهما من سبيل إلى التخاطب المباشر إلا الرؤية فقط. ولذا فهما يشيران بأيديهما أو يحركان المناديل أو الرايات المثبتة في العصي. فإذا ما بلغت المسافة أميالاً أخفقت هذه الطريقة أيضاً وأصبح التخاطب بين الاثنين عسيراً جداً. وكان الناس في القديم يتغلبون على بعد المسافة بإيقاد نيران كبيرة ترى في الظلام ليلاً على بعد عشرة أميالاً أو عشرين ميلاً، ويرى دخانها نهاراً وهي على ذلك البعد. ولا تزال بعض القبائل الهمجية تستعمل هذه الطريقة إلى يومنا تنقل بها الأخبار وتتلقاها. أما اليوم فإننا صرنا نستعمل التلغراف والتلفون الكهربائيين السلكيين

واللاسلكيين، لجميع الأغراض التي من هذا القبيل. وقصة اختراع هذه المخترعات شائقة ممتعة، وسنقتصر في الحديث هنا على التلغراف الكهربائي السلكي، مرجئين الحديث في غيره إلى الفصول القادمة.

التلغراف البصري

على أن التلغراف الذي سبق هذا التلغراف الكهربائي هو التلغراف البصري، الذي اخترعه هوك أحد معاصري نيوتن من العلماء العلميين. واستعمل هذا التلغراف البصري لأول مرة إبان الثورة الفرنسية؛ ففي سنة ١٧٩٢ كانت فرنسا كلها مجهزة بشبكة أو مجموعة من عمد الإشارات (السيمافورات). وتتألف هذه المجموعة من جملة أبراج أقيمت في أعلاها عمد (سيمافورات) قريبة الشبه جداً (بسيمافورات) السكة الحديدية في أيامنا الحاضرة. وبهذه المجموعة كان يمكن إرسال رسالة من باريس إلى حدود فرنسا وأطرافها كلها في بضع ساعات، ولما استعرت الحرب الفرنسية النمساوية سنة ١٨٠٩، استعان بها نابليون الكبير، وهاجم النمساويين على غرة، إذ لم يمهلهم حتى يأخذوا العدة للقائه ونزاله.



(شكل ٦٨) التلغراف البصري

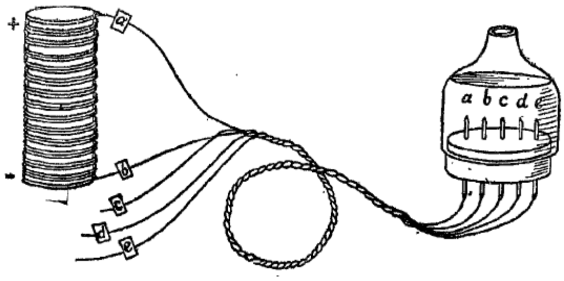
وكان النمساويون متحالفين مع البافاريين الذين قاسوا كثيراً من الويلات في حروبهم مع نابليون، فأهابت الحكومة البافارية بعلماء ألمانيا أن يبتكروا نظاماً للتلغراف يفوق ذلك الذي استعمله نابليون ونجح في استعماله نجاحاً عظيماً. فتقدم أحد علماء بلدة ميونخ، وهو الأستاذ سومرنج، بعد إعلان الحكومة البافارية رغبتها هذه بأربعة أيام فقد قضاها في البحث والتنقيب، بأول تلغراف كهربائي قصره على الحروف الأبجدية الخمسة الأولى، أ، ب، ج، د، ه **a,b,c,d,e**، حتى إذا ما نجحت تجربته ضمنه الحروف الهجائية كلها، وكان جهازه غاية في البساطة فضلاً عن دقته وإحكامه المتناهيين.

أول تلغراف كهربائي

وهو يتألف من عمود فولتي مكوّن من خمسة عشر زوجاً من ألواح معدنية،

لوح من الفضة وآخر من الحديد، تفصلها بعضها عن بعض طبقات من اللباد المنقوع في الماء الملح، وكان هذا العمود مصدر الكهربائية المطلوبة.

ففي محطة الاستقبال، وهي المحطة التي ترسل إليها الإشارة، يوضع خزان ماء صغير تسده من أسفله قطعة فلين، وينفذ من قطعة الفلين هذه خمسة أسلاك تنتهي أطرافها كلها إلى ماء يعلو الفلين ويملأ ذلك الخزان. وهذه الأسلاك الخمسة طويلة وتغطيها طبقة عازلة، حتى إذا ما لفت معاً مكونة حبلاً واحداً لا يحدث بينها اتصال أو تماس فلا تسري الكهربائية، وتمتد مجموعة الأسلاك الملفوفة هذه ما بين محطتي الإرسال والاستقبال.



(شكل ٦٩) التلغراف الأول الذي اخترعه سومرنج

وفي محطة الإرسال يفرط عقد هذه الأسلاك الملفوفة، وتوضع عند نهاياتها العلامات أ، ب، ج، د، هـ. وتعطي قمة العمود الفولتي الموجود في محطة الإرسال كهربائية موجبة، ويعطي أسفله كهربائية سالبة، والآن هب أن السلك الذي حرفه أ قد مس أعلى العمود، ومس السلك الذي حرفه ب أسفل العمود، فإن تياراً كهربائياً يسري خلال هذا الحبل الملفوف عن طريق هذين السلكين والماء الذي بينهما، إذ تتم بذلك الدائرة الكهربائية، ومن ثم ينحل الماء إلى أيدروجين وأكسجين، وتظهر فقاقيع الأيدروجين عند مدخل السلك ب في الماء. ويرى ذلك العامل المشرف على الجهاز في محطة الاستقبال فيدرك

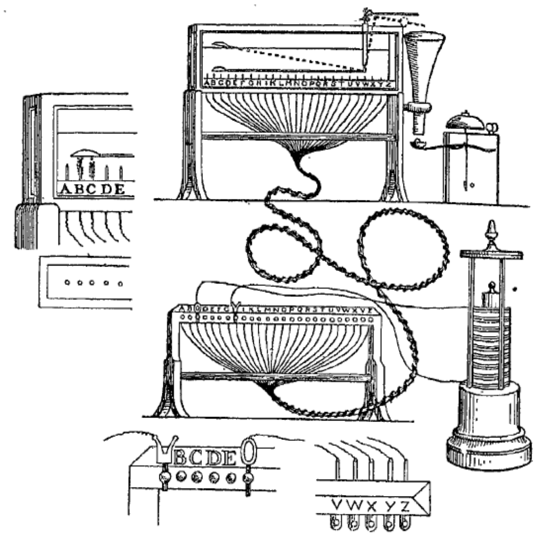
أن زميله في محطة الإرسال يبرق له بالحرف ب.

وإذن فمتى أراد العامل في محطة الإرسال أن يبرق بأي حرف، فكل ما يصنعه هو أن يجيء بالسلك المقابل لهذا الحرف ويلمس به أسفل العمود، وأن يصل بأعلاه أي سلك آخر حتى يتم تكوين الدائرة الكهربائية. وجرت العادة أن يكون السلك الذي يمس أعلى العمود السلك الذي حرفه هو الحرف التالي مباشرة في الرسالة، وبذلك يمكن الإبراق بحرفين معاً، ويتكون على سلك هذا الحرف قليل من الأكسجين كما هو معروف.

ولكن هذا الجهاز لا يستطيع أن يرسل أكثر من خمسة حروف مختلفة؛ فلكي يتمكن هذا الجهاز من أن يبعث برسالة كاملة كان من الضروري أن يكون عدد الأسلاك كعدد الحروف الهجائية، ثم تلف هذه الأسلاك كلها بالطريقة السابقة فتكوّن حبلاً واحداً، وتثبت أطرافها عند محطة الإرسال في إطار بوساطة مسامير ذات رؤوس مثقوبة. ويظل سلك متصلاً بأعلى العمود الفولتي وآخر بأسفله. وينتهي هذان السلكان بمفتاحين صغيرين يمكن إدخالهما في ثقوب المسامير، فيستطيع المرسل بسهولة أن يضع يده على أي حرفين يريد الإبراق بهما. وفي محطة الاستقبال تنفذ أطراف الأسلاك من قرار الإناء المحتوي على الماء بعد أن توضع عليها الحروف الهجائية المقابلة. ثم يشغل التلغراف على هذا الأساس كما يشغل الجهاز الصغير المشتمل على خمسة حروف فقط.

وقد ابتكر مخترع هذا الجهاز زيادة على هذه الحروف نظاماً ميكانيكياً به يمكن أن يدق جرس ليلفت نظر العامل الموجود في محطة الاستقبال. وهذا الجهاز متقن محكم غاية الإحكام. وهو يتألف من رافعة تتصل بها ملعقة، تنغمر في الماء هذه المعلقة فوق سلكين من أسلاك هذا التلغراف مباشرة وهي في وضع مقلوب، أي يكون تجويفها متجهاً إلى أسفل. فعندما يسري التيار خلال

هذين السلكين يتجمع في الملعقة الأيدروجين والأكسجين المتصاعدان فيرفعانها. وبرفعها تنزلق كرة صغيرة خلال قمع، ومنه إلى كفة صغيرة متصلة برافعة تنتهي بساعة دقاقة. ويكفي نزول الكرة لجعل هذه الساعة تدق دقاً متواصلاً فينتبه عامل محطة الاستقبال. وعندما ينتهي العامل من تسلم الرسالة يعيد الكرة إلى مكانها الأصلي ويملأ زنبرك الساعة الدقاقة ويعيد رافعة الجرس كما كانت لتؤدي عملها من جديد متى احتيج إلى استخدامها.



(شكل ٧٠) تلغراف سومرنج الكامل

ولم يمض زمن طويل على ظهور هذا الاختراع البافاري حتى سمع به نابليون فقد أخبره به أحد ضباطه، وأطلعه على تفصيلاته. وأصغى نابليون إلى شرحه، ثم أشاح عنه معرضاً كأنما هو أمر لا يستحق الاهتمام وقال "إن ذلك لا يعدو أن يكون مجرد فكرة ألمانية". وخيل إليه أنه من المستحيل أن تمد أسلاك في مملكة بأسرها، وأن تصان هذه الأسلاك فلا يصيبها تلف، وفضل الاكتفاء بتلغرافه البصري الذي أدى له عظيم الخدم، قانعاً به دون التلغراف الكهربائي.

التأثير المغناطيسي للتيار

ولم يستخدم التلغراف الكهربائي استخداماً حقيقياً إلا بعد أن تدخلت الإبرة المغناطيسية فكانت مرشداً ودليلاً. ذلك أنه بعد مضي عشرين سنة على ظهور أول جهاز تلغرافي، توصل كهربائي دانمركي هو العالم هانز كرستيان أرستد أستاذ الفلسفة الطبيعية بجامعة كوبنهاجن إلى كشف مهم جداً كان له أثر عظيم في علم الكهربائية. فقد خطر له "أن يوصل قطبي بطارية بسلك ويختبر هل كان لهذا السلك تأثير في إبرة ممغطسة إذا قرب منها، فأجرى تجربة أول مرة جعل السلك فيها أفقياً ومن تحته الإبرة الممغطسة وكان اتجاه السلك عمودياً عليها فلم يشاهد تأثيراً ما فيها، ولكنه رأى ذات يوم وكان بين يديه بطارية قوية استخدمها في بعض التجارب في محاضرة ألقاها أن يجري تجربته الأولى مرة أخرى، ويجعل السلك موازياً للإبرة لا عمودياً عليها، فما كان أشد دهشته إذ رأى الإبرة قد انحرفت عن موضعها، ثم استقرت في اتجاه كاد يكون عمودياً على اتجاه السلك، فخطر له أن يعكس التيار الكهربائي في السلك، ولما تم له ذلك شاهد أن الإبرة قد انحرفت إلى الجهة المضادة لانحرافها الأول.

"ثم درس أرستد ما يحدث عند مد السلك تحت الإبرة، وكذلك أجرى تجارب بين بها أن التيار الكهربائي في الإبرة لا يبطله وجود لوح من الزجاج أو الخشب أو صفيحة من المعدن أو طبقة من الماء أو الراتينج بينهما، وأدرك أن تأثير التيار يمتد في المكان الذي يحيط به. واستنبط من استقرار الإبرة في الاتجاه العمودي على السلك أن التأثير عرضي بالنسبة إلى السلك لا طولي، واستنبط من تضاد الانحراف عند نقل الإبرة من فوق السلك إلى تحته وبالعكس أن هذا التأثير يحيط بالسلك، وإذن فهو لم يكشف تأثير التيار الكهربائي في الإبرة الممغطسة فحسب، بل أدرك أيضاً وجود ما يعبر عنه بالمجال المغناطيسي للتيار

الكهربائي، ووصفه وصفاً لا يتناقض وما نعلمه الآن".

التلغراف المغناطيسي

أثر هذا الكشف العظيم كل التأثير في العالم العلمي، واقترح كثيرون من رجالات العلم العلميين أن يستخدموه في التلغراف، ولكنهم لم يصلوا إلى اختراع أول تلغراف مبني على هذا الأساس إلا سنة ١٨٣٣، فقد أنشأ في هيدابرج عالمان هما: جاوس، وفير تلغرافاً من هذا النوع بين المرصد وقسم "الطبيعة" في الجامعة، وكان طول السلك الممتد حوالي ميلين، وأحدثا في محطة الاستقبال في الإبرة المغناطيسية انحرافاً إلى اليمين وإلى الشمال. ثم أدخل بعد ذلك طالب صغير على هذا الجهاز تعديلاً بأن وصل بإبرتين مغناطيسيتين قلمين يدونان نقطاً على شريط من الورق يتحرك من تحتهما واستطاع هذا الطالب باستخدامه نوعين مختلفين من الحبر أن يحصل على مجموعات مختلفة من النقط المختلفة اللون لكل حرف من الحروف الأبجدية. فإذا ما دلت جملة نقط على رسالة أمكن بسهولة فك رموزها ومعرفة مضمونها.

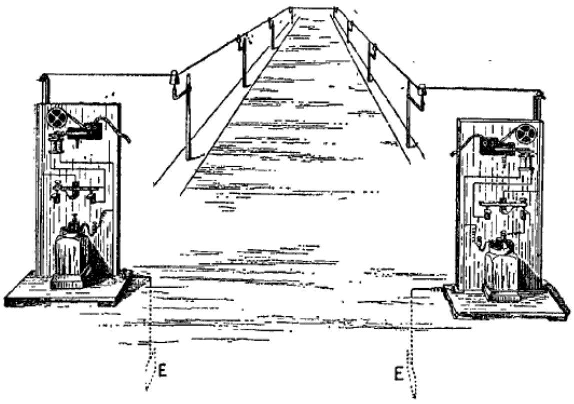
ولم يكن التيار الذي استخدم في هذه التجارب تياراً مستمراً مطرداً من عمود فولتا أو من بطارية كهربائية، ولكنه كان تياراً يقال له التيار التأثيري. وقد استكشف هذا التيار التأثيري سنة ١٨٣١ عالم إنجليزي كبير هو العالم ميخائيل فرداي. فقد وجد أنه إذا وضع سلكين متجاورين ثم مرر بأحدهما تياراً فإن تياراً آخر وقتياً يسري في الآخر في اتجاه مضاد للأول على شريطة أن يكون السلك الثاني هذا مكوناً دائرة مغلقة لا خالص الطرفين. ووجد أيضاً أن التيار التأثيري يحدث بوساطة مغناطيس كبير. وكل ما تحتاج إليه أن تجيء بملف من السلك ثم تدخل فيه المغناطيس بسرعة أو تخرجه منه بسرعة. وكلما كانت حركة الإدخال والإخراج سريعة كان التيار الحادث أقوى. وقد كان هذا الكشف بداية عهد

الهندسة الكهربائية مما سنفصله عند الكلام على فاراداي وكشوفه.

فبهذه الطريقة إذن يمكن إحداث تيار دون استخدام أعمدة أو بطاريات أو أي مواد كيماوية، وقد وجد أن هذا النوع من التيارات الكهربائية ذو أهمية في عمل التلغراف، وخصوصاً لأن المغناطيس معد دائماً للعمل في حين أن البطاريات أو الأعمدة الكهربائية عرضة للإجهاد فالتلف، على أن البطارية الكهربائية قد استخدمت بعد في التلغراف الحديث وظلت إلى يومنا تستعمل فيه، ولكن بعد أن دخلها من التعديل والتحرير ما جعلها ملائمة وافية بالغرض.

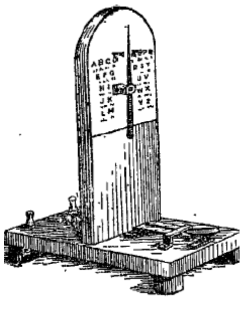
تلغراف مورس

ثم جاء المخترع الأمريكي مورس الذي اخترع في سنة **١٨٣٥** جهازاً لتلقي الإشارة (هو المستقبل) يتركب من مغناطيس كهربائي إذا مر التيار في ملفاته انجذبت إلى قطبه حافظة من الحديد ودونت من جراء ذلك علامات مختلفة على شريط من الورق يتحرك بوسيلة آلية، فإذا كانت مدة دوام التيار الكهربائي وجيزة حدثت نقطة، وإذا كانت طويلة حدثت شرطة، وجعل من هذه النقط والشرط رموزاً لحروف الهجاء وغيرها. ولم يمض على هذا الاختراع بضع سنين حتى تحسن وأصلح وعم استعماله. ثم اخترعت بعد ذلك الطرق التي بها يمكن إرسال إشارة واستقبال أخرى عن طريق سلك واحد في وقت واحد وكذلك الطرق التي يمكن بها إرسال إشارتين على سلك واحد في وقت واحد، ثم الجمع بين ذلك مما لا محل للإفاضة فيه هنا.



(شكل ٧١) تلغراف مورس وفيه المرسل والمستقبل والآلة المدونة والعمد حاملة الأسلاك

أما في الأعمال التي لا يحتاج فيها إلى تدوين الإشارة التلغرافية، فيستعمل تلغراف آخر هو التلغراف ذو الإبرة. وفيه تتبع طريقة مورس أيضاً، لأن الإبرة تتحرك إلى اليمين في حالة النقطة، وإلى الشمال في حالة الشرطة. وأصبح عمال التلغراف بعد قضائهم مدة التمرين يفهمون الرسالة بمجرد إصغائهم إلى صوت الإبرة. ولكن هذه الإبرة قد صارت اليوم كما قلنا مغناطيساً كهربائياً قوياً، إذا ما سرى فيه التيار جذب إليه قطعة حديد فيحدث من التصادم صوت، ويفهم عامل التلغراف الرسالة بمجرد سماعه الضربات، وهذا الجهاز هو الذي يسمى المستقبل.



(شكل ٧٢) التلغراف ذو الإبرة

التلغراف البحري

"ولما أخذ العمل في تطبيق التلغراف يثمر ثمرته المرغوبة، رؤي أن الاكتفاء بأن تكون الأسلاك التلغرافية منصوبة في الهواء يجعل الفائدة منه محدودة، ولم يكن ثمت مانع يحول دون مد الأسلاك البحرية متى كانت معزولة عزلاً جيداً. وفعلاً أجريت بعض التجارب في هذا الموضوع سنة ١٨٣٧. ولما آتت نتائج مرضية في المسافات القصيرة نوعاً مد سنة **١٨٤٥** خط بحري وصل بين ساحلي المانش توصيلاً تلغرافياً، ثم أنشئ سنة **١٨٥١** خط بحري دائم يوصل ما بين دوفر وكاليه، فأدى نجاح هذا المشروع إلى مشروع مد سلك بحري تعبر بوساطته المراسلات التلغرافية المحيط الأطلسي. وكان كلفن في إبان هذا العهد قد درس موضوع التلغراف البحري، وكانت هناك مواضع يختلف فيها هذا عن التلغراف المعتاد. فانغمار السلك الذي يسير فيه التيار الكهربائي في مياه البحار لا يتطلب أن يكون السلك معزولاً عزلاً جيداً فحسب بل يغير أيضاً من جوهر الموضوع، لأن عزل السلك يجعل بينه وبين المياه التي تكتنفه وهي موصلة للكهربائية أيضاً، طبقة من مادة عازلة، ويتكون من جراء ذلك مكثف له سعة كهربائية معينة، ودخول موضوع المكثف وسعته في المسألة بغيرها من الوجهة النظرية....

"ومشروع مد الخط البحري في المحيط الأطلسي كان مشروعاً خطيراً لا من الوجهة المالية فحسب بل من الوجهة الهندسية أيضاً، إذ لا يخفى أن حبلاً غليظاً من المعدن، تحيط به طبقة سميكة من مادة صلبة عازلة، يبلغ طوله آلاف الأميال، وليس من سفينة تسعه أو تقوى على حمله إذا أمكن صنعه – إن حبلاً مثل هذا ليس من الهين مدة في قرار المحيط على عمق بضعة أميال من سطحه، وفوق هذه الصعوبات فقد بين كلفن العوامل النظرية الأخرى التي يتوقف عليها

نجاح المشروع إذا ما تم إنجازه.

"وكانت آراء كلفن هذه موضع أخذ ورد، واستحثه ذلك إلى متابعة البحث، واستطاع أن يبتكر طرقاً خاصة تساعد على سرعة إرسال الإشارات. وفي سنة ١٨٥٦ تكونت شركة لإنجاز هذا المشروع، وانتخب كلفن واحداً من مديريها، وكان بينه وبعض مهندسي الشركة اختلاف في الرأي في بعض النقط الفنية. وابتدأ العمل في مد السلك البحري سنة ١٨٥٧، ولكن لم يكد يتم منه غير ثمانين وثلاثمائة ميل إلا وقد قصف السلك فجأة، وكان كلفن على ظهر الباخرة يراقب العمل، فتبينت له بعض العيوب في الطريقة التي اتبعت في مد السلك، ولما عاد أخذ يدرس موضوع الجلفانومترات (وهي آلات لمعرفة صفة التيار الكهربائي الموجود) لأنه رأى أن خير مستقبل يستعمل في التلغراف البحر جلفانومتر حساس، وكان ذلك سبباً في اختراعه الجلفانومتر ذي المرآة المعروف باسمه.

"وتم مد أول سلك بحري بين أيرلندا وكندا سنة ١٨٥٨، وكان كلفن يرى ألا تكون قوة التيار الكهربائي كبيرة حتى لا يخشى من التلف على المادة العازلة المحيطة بالسلك أو بالأحرى بالحبل الممدود، وأن يستعمل جهاز حساس كالجلفانومتر الذي اخترعه كمستقبل. ولكن المهندس المعهود إليه في مباشرة هذا العمل لم يكن على هذا الرأي. فلم يمر على إتمام مد السلك غير بضعة أيام إلا وظهر أن قد أصابه خلل، فعهد إلى كلفن نفسه في مباشرة العمل، ولكن الخرق كان قد اتسع وصار الخط بعد بضعة أسابيع لا يغني فتيلاً. "وفي سنة ١٨٦٥ حصلت الشركة الكبرى (الأيسترون) على امتياز مد الخط البحري وكان كلفن خلال الفترة التي انقضت لا يزال على أمل كبير في نجاح المشروع، فاستمر في دراسته من الوجهة النظرية، وتتبع إصلاح الأجهزة والأدوات، وإن

كانت المساعي التي بذلت لإنجاز مد السلك قد حبطت هذه المرة أيضاً، فقد أعيدت الكرة مرة أخرى سنة ١٨٦٦، وكان العمل في هذه المرة بالنجاح التام.

"وفضل كلفن على التلغراف البحري لا ينكر، ولا سيما أنه أصلح من بعد ذلك جهازاً خاصاً بتدوين الإشارات استبدل بالجلفانومتر ذي المرآة، وعم استعماله في التلغراف البحري واعترافاً بفضله في نجاح المشروع منحته الملكة فكتوريا سنة ١٨٦٦ لقب السير". وهكذا يكرم النابغون لنبوغهم، وهل جزاء الإحسان إلا الإحسان؟

الفصل الرابع عشر

التلفون

رأينا في التلغراف الكهربائي أن التيار الكهربائي يستخدم في هز إبرة مغناطيسية أو تحريك قلم كهربائي على مسافة بعيدة. ورأينا أنه لما طالت المسافة كما في حالة الأسلاك البحرية التي تصل ما بين أمريكا وأوروبا استعمل جهازاً أكثر حساسية من ذلك لاستقبال الرسائل وتدوينها. وهذا الجهاز يتألف من قارورة حبر صغيرة يحركها التيار الكهربائي في اتجاهين متضادين فتنفث بعض الحبر، فيسقط على شريط من الورق يتحرك، وبهذه الطريقة تدون الإشارة على الورق دون أن يحدث احتكاك. ومع هذا فالتلغراف آلة بسيطة جداً، غير تامة الصقل، إذا هي قورنت بالتلفون، لأن التلفون ينقل الكلام نفسه عبر مسافات طويلة قد يعجز حتى الضوء الشديد المنبعث من أعلى فنار أو جبل أن يصل إليها.

ولأن يتكلم شخص في بلد كالقاهرة فيسمعه آخر في أسوان ويعي ما يسمع، فأمر عجيب لا يصدقه أحد ما لم يكن قد جربه بنفسه من قبل. وأعجب ما فيه ليس هو ذلك الكلام المنقول بل هو طول المسافة التي يتم معها التواصل والتخاطب، وكأن المتخاطبين في حجرة واحدة. فلماذا يعجزنا طول المسافة إذا نحن اعتمدنا على مجرد الصياح والصراخ؟

الموجات الصوتية

السبب أننا حين نصيح تحدث موجة صوتية في الهواء، وهذه الموجة

الصوتية تشبه في كثير من الوجوه موجة الماء. فإننا حين نرمي حجراً في بركة ماء فإن الموجة تبدأ من نقطة سقوط الحجر في الماء، ثم تنتشر على شكل دوائر تتسع شيئاً فشيئاً. ولا يقف الأمر بهذه الموجات عند اتساعها شيئاً فشيئاً، بل إنها تضعف كذلك شيئاً فشيئاً كلما اتسعت. فإذا كانت البركة كبيرة تضعف الموجة كثيراً إلى أن تضمحل فلا يمكن إدراكها عندما تصل إلى الشاطئ.

ولكن إذا كان لدينا بدل البركة قناة أو مجرى ماء ضيق، ثم لُطم الماء عند طرف القناة أو المجرى، فإن الموجة تستطيع أن تسير مسافة طويلة دون أن تضعف كثيراً. وسبب هذا أنها محصورة من الجانبين فلا تستطيع أن تنتشر وتتسع جانبياً. وكذلك إذا نحن تكلمنا في أنبوبة أو ماسورة طويلة فإن صوتنا يصل إلى مسافة أطول مما لو أطلقناه في الهواء الفسيح الطلق. وهذا راجع بدوره أيضاً إلى أن الصوت لا يستطيع عندئذ أن ينتشر جانبياً. ولهذا السبب كانت "مواسير الكلام" أكثر ملاءمة في التخاطب.

فإذا استطعنا أن نرسل نفس الأمواج خلال سلك فقد ننجح في حمل الصوت إلى مسافة أبعد من المسافة التي تحملها إليه المواسير والأبواق، ويمكن تحقيق ذلك بأن يمد سلك بين علبتين صغيرتين من العلب الصفيحية، أي أن السلك يمر من ثقب في قرار إحداهما إلى ثقب في قرار الأخرى. فإذا ما تكلم شخص في إحدى العلبتين، وقرب الثاني الأخرى من أذنه والسلك ممدود مشدود بينهما، فإن هذا الأخير يسمع بوضوح كلام الأول. وفي هذه الحالة تسير موجة الصوت خلال السلك، تضغطه آناً وتبسطه آناً، حتى تصل إلى العلبة الأخرى وتدفع الهواء فيهتز نفس الاهتزاز محدثاً نفس الكلام. فمثل هذا الجهاز هو الذي يسمى "التلفون الميكانيكي" وليست له قيمة من الوجهتين العلمية والعملية، وأصبحت كلمة "تلفون" في الواقع تطلق على الجهاز الذي

يُشغَّل بالكهربائية والمغناطيسية.

طبيعة الموجات الصوتية

ولكي نفهم العقبات التي كان على مخترع التلفون أن يتخاطاها يتحتم علينا أن نفهم أولاً طبيعة الموجات الصوتية التي تمثل الكلام، فالكلام يتألف من اهتزازات في الهواء. وهذه الاهتزازات إنما هي نفخات هواء صغيرة جداً وسريعة جداً نحدثها نحن بوساطة الحنجرة والفم. فإذا أردنا أن نحدث سلسلة نفخات متتالية سريعة فلا يمكن أن يتعدى عدد هذه النفخات عشراً في الثانية. ولو وجد جهاز يعطي نفخات هوائية بأسرع من ذلك، كأن يكون عددها عشرين في الثانية مثلاً، فإننا نسمع طنيناً. ويمكن توضيح ذلك بعجلة مسننة (ترس) كتلك التي توجد في الساعات وإنما تكون كبيرة الحجم. فإذا ما أديرت مثل هذه العجلة بسرعة ثم عرضنا لأسنانها حافة ورقة مقواة فإن ضربات الأسنان للورقة تتحول بزيادة سرعة الدوران إلى طنين، ثم في النهاية إلى نغمة موسيقية، وكلما زادت سرعة العجلة ارتفعت درجة الصوت الحادث.

الدرجة والشدة والنوع

ولكل نغمة درجتها الخاصة بها، أي أن لكل نغمة عدد هزات خاص بها في كل ثانية من الزمن؛ فاهتزازات الأنغام التي في وسط البيانو تنحصر ما بين مائتين وخمسمائة في الثانية. وقد تكون النغمة شديدة أو فاترة شأنها في ذلك شأن موجة الماء التي تكون مرتفعة أو منخفضة. المرتفعة يقابلها صوت عالي الشدة. أما المويجات أو التعرجات الصغيرة التي تظهر في سطح الماء فتقابل نغمة موسيقية حادة جداً (أي مرتفعة الدرجة)، ولكنها خافتة (أي منخفضة الشدة) كأصوات الحشرات من صئ وصرير.

فلكل نغمة درجتها وشدتها، وعدا ذلك فلها نوعها أيضاً، فنحن مثلاً قد نستطيع إحداث نغمة واحدة بالكمان أو الناي أو العود أو القانون، وقد يكون لها نفس الدرجة والشدة. ومع ذلك فيمكن لكل من يسمعها أن يميز بينها بسهولة. فما هي تلك الخاصية التي تمكننا من تمييز نغمة تحدثها آلة من نفس النغمة التي تحدثها آلة أخرى؟ ما هو ذلك الشيء الذي يجعلنا نميز بين أنواع النغمة الواحدة؟ لا بد أن يكون هناك شيء ما في مكان ما من الموجات التي تسير في الهواء وتصل إلى آذاننا.

ظلت هذه المسألة مسترابة زمناً طويلاً إلى أن تحقق العلماء من أنه لا يوجد صوت موسيقي تام البساطة، وذلك بسبب الموجات؛ فقد جرت العادة أن نرى حتى في الأمواج الكبرى المائية مويجات أو تعرجات صغيرة تعلو حافتها العليا. فالموجة ذات السطح التام الملاسة نادرة جداً. وكذلك الحال في الصوت فإنه تكاد لا توجد موجة صوتية تامة البساطة.

فلكل موجة مويجات أو تعرجات أخرى صغيرة تعلوها، وعلى ذلك فللموجة الصادرة عن نغمة ما في البيانو نوع من هذه التعرجات أو المويجات الإضافية، وللموجة الصادرة عن نفس النغمة في الناي أو العود أو الكمان أو القانون أنواع أخرى. ولكل نوعه الخاص به، لذلك قد تتحد النغمات الصادرة من مختلف الآلات في الدرجة والشدة ولكنها تختلف في النوع.

فالأصوات الموسيقية إذن يمكن أن تتعين بمجرد معرفة درجتها وشدتها ونوعها. ولكن الأصوات كلها ليست موسيقية. فهناك الدوي وأنواعه كثيرة، وكثير من ألوان الكلام أيضاً، هذه كلها أصوات ولكنها ليست موسيقية. على أن الكلام في الواقع يتألف من أنغام من جميع الأشكال والأنواع تتعالى وتتعاقب بسرعة، ولا تستغرق إلا وقتاً قصيراً جداً، وتتغير بسرعة من نغمة لأخرى.

فمن هذه الأنغام الفحيح والخفيف والصيء، وهي من أصوات الحشرات، هي الأعلى درجة. وتلك هي أصعب الأصوات انتقالاً في التلفون. وما كاد يخترع التلغراف الكهربائي حتى اتجهت فكرة كثيرين من الكهربائيين إلى وجوب إرسال الكلام عن طريق الأسلاك الناقلة للتيار.

وهنا أريد أن ألفت النظر إلى أن الكلام لا ينتقل في السلك، بل إن التيار هو الذي ينتقل. وسأعود إلى ذلك فيما سيجيء. فقد عرف الكهربائيون أن الصوت يتألف من موجات، فخطر ببالهم أنه إذا قوطع التيار جملة مرات كثيرة في الثانية فقد يحدث عن هذا التقطع نغم موسيقي. ولم يكن هذا الخاطر وليد الحدس والتخمين بل وليد مشاهدة عارضة حدثت أمام عبقري شديد الملاحظة.

صوت سببه التيار

فبينما كان شارلز جرافتون باج يجري في أمريكا بعض التجارب في المغناطيسيات الكهربائية لاحظ أن انقطاع التيار أو اتصاله في ملف المغناطيس الكهربائي يصحبه صوت خافت يشبه الصوت الحادث من الجسم المعدني إذا طرق بلطف. فتدرج في إجراء التجارب هو وغيره حتى استطاعوا إحداث أصوات متعاقبة من هذا القبيل، يحدث من تعاقبها وانتظامها نغم موسيقي. حدث ذلك سنة ١٨٣٧ في أمريكا، فتحققت الفكرة ولكن تطبيقها في التلفون جاء بعد نيف وعشرين عاماً، إذ كان لا بد من ممهدات تتهيأ بها أسباب ذلك. ففي سنة ١٨٥٤ رأى فرنسي تلغرافيٌّ يدعى شارل يورسو أنه إذا سقطت موجات الصوت على غشاء رقيق ضمن دائرة كهربائية، بحيث ينجم عن تذبذبه بتأثير موجات الصوت غلق الدائرة ثم فتحها، كان من الممكن استخدام التيار الكهربائي الذي يتصل وينقطع على التوالي بهذه الصورة، فيتذبذب غشاء آخر معد بكيفية ملائمة تذبذباً شبيهاً بتذبذب الأول، فيحدث من ثم صوت يماثل

الصوت المؤثر في الغشاء الأول، وفكر في أن يشد جلداً على طبلة، وأن يثبت في وسط الجلد سلكاً رفيعاً مغموس طرفه في نقطة زئبق ينغمس فيها سلك آخر، فتحدث من هذا التماس دائرة كهربائية إذا وصل السلكان من الناحية الأخرى ورأى أنه عند الكلام يهتز الجلد ويتحرك السلك، فيخرج طرفه من نقطة الزئبق ثم يدخل فيها ثانية، وبذلك ينقطع التيار ثم يتصل؛ وهو ينقطع ويتصل على التوالي بسرعة إذا ما كانت النغمة مرتفعة الدرجة، وتقل هذه السرعة إذا كانت النغمة منخفضة، فإذا اتصل بهذا الجهاز في جهة أخرى جهاز مشابه أمكن نقل الكلام.

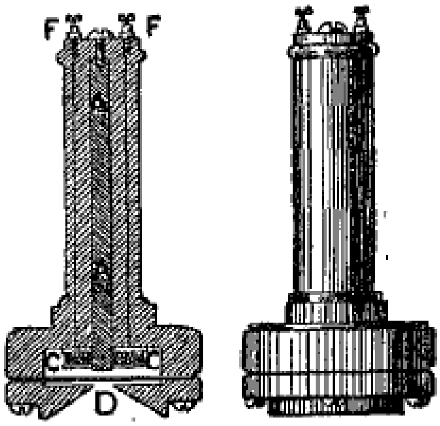
أول تلفون

ونشر بورسو فكرته هذه في مجلة الإلستراسيون ولكنه لم يحاول تطبيقها عملياً، ولكن في سنة ١٨٦١ تقدم ألماني هو الأستاذ فيليب ريس وأخذ على عاتقه إخراج مشروع بورسو إلى حيز العمل مستعيناً بكشف باج السابق ذكره، فتم له اختراع أول تلفون بالمعنى المعروف واستطاع أن ينقل الأنغام الموسيقية فقط لا الكلام، وكان جهازه هذا عجيبة وقته، ولكنه لم يكن يكسب الأنغام لونها السليم الصحيح. غير أن التيار التأثيري استطاع أن يعطي تلك المويجات أو التعرجات الدقيقة التي تعلو الموجات الصوتية فتظهر من ثم نبرات الكلام. ولأمر ما أهملت تجارب ريس وظلت منسية خمسة عشر عاماً. وتوفي ريس سنة ١٨٧٤ فقيراً معدماً مهملاً مطوي الذكر. وكاد ينسى موضوع التلفون لولا أن المخترع الأمريكي العظيم جراهام بل كان يواصل البحث إلى أن تم له اختراع التلفون سنة ١٨٧٦.

تلفون بل

وكانت الفكرة في حد ذاتها بسيطة جداً خيبت عند ظهورها أمل كثيرين،

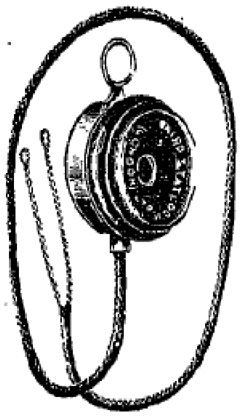
شأنها في ذلك شأن معظم الاختراعات. فالصبي الصغير يستطيع أن يعده ويتكلم به. والواقع أن بل قد عثر من أول الأمر على القاعدة الصحيحة التي يجب بمقتضاها أن يبني التلفون السليم، وكان عيب تلفون ريس أنه لا يستجيب لمويجات الصوت الدقيقة التي منها يتألف الكلام، فكان من الضروري صنع آلة حساسة ودقيقة كأذن الإنسان، ولكي يصل بل إلى ذلك استخدم تيارات فرداي التأثيرية.



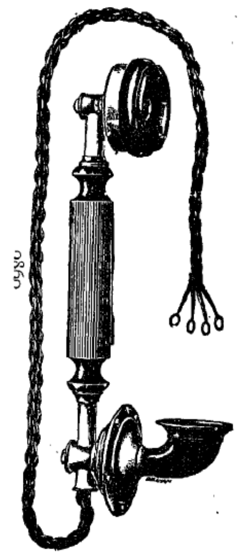
(شكل ٧٣) تلفون "بل" المغناطيسي

ولقد مر بنا في الفصل الماضي كيف أن فرادي حينما نزع طربوش المغناطيس الكهربائي ظهر تيار تأثيري وقتي في ملف السلك، ويمكن فعلاً إحداث تيارات تأثيرية صغيرة بمجرد نزع هذا الغطاء ثم وضعه. فخطرت لبل فكرة تركيب قطعة حديد أمام مغناطيس كهربائي تكون متصلة بغشاء من الجلد حتى إذا ما اهتز بتأثير موجات الصوت اهتزت هي أيضاً من جراء اهتزازه. وجعل المستقبل شبيهاً بالمرسل، فعند الكلام يهتز الغشاء فتهتز معه قطعة الحديد الصغيرة، فتحدث تيارات ضعيفة وسريعة في الملف، وتنتقل هذه التيارات خلال السلك فتصل إلى المستقبل فيسمع الكلام. وذلك لأن

التيارات الصغيرة الواصلة إلى ملف المغناطيس الثاني تقوي مغناطيسيته أو تضعفها على التوالي وبسرعة عظيمة، وبذلك يشتد ثم يضعف جذبها لقطعة الحديد الموجودة في المستقبل. وعلى ذلك فكل حركة في غشاء المرسل تحدث نظيراً لها في غشاء المستقبل، فتحدث من ثم في المستقبل نفس التموجات الهوائية الحادثة في المرسل، وهذا كل ما يحتاج إليه في نقل الكلام. ولكن هذا الجهاز كان لا يزال يعوزه التحسين والتحوير، فأولاً نحن نعرف أن المغناطيس الكهربائي يفقد كل مغناطيسيته إذا قطع تيار الملف، فوجد جراهام بل أنه ليس من الضروري استعمال مغناطيس كهربائي، وبدلاً من استعمال قطعة حديد مطاوع رأى أن يستعمل قطعة مماثلة من الصلب المغمطس مغطسة شديدة. ومثل قطعة الصلب هذه هي التي تسمى المغناطيس الدائم. وقطع المغناطيس التي على شكل حذاء الفرس والتي صبغت بدهان أحمر والتي تعرض في الأسواق هي من قبيل المغناطيسيات الدائمة. وقد بسط هذا الاستكشاف المسألة كثيراً ولم تبق بعد حاجة لاستعمال بطارية.



(شكل ٧٤) مرسل كربوني

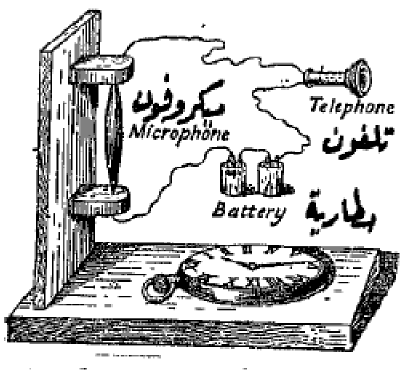


(شكل ٧٥) مرسل ومستقبل معاً

وثانياً: وجد بل أن غشاء من الصفيح يمكن أن يقوم بالمهمة خيراً من الجلد، وما اعتدنا أن نسميه صفيحاً ليس في الواقع إلا لوحاً من الحديد غطي من جانبيه بغلاف رقيق جداً من القصدير. ولما كان هذا الغلاف القصديري لا يؤثر البتة في القوة المغناطيسية فإن هذا اللوح يعمل كما لو كان كله من الحديد النقي. فعندما تصل إليه موجات صوتية فإنه يهتز، واهتزازه يغير مغناطيسية المغناطيس الدائم تغييراً طفيفاً محدثاً تلك التيارات الصغيرة السريعة التي سبق ذكرها. وأصبح الجهاز كله متألفاً من مغناطيسين من الصلب، وقرصين من الصفيح، وسلك يكفي الملفين الموجودين حول المغناطيسين ويكفي طوله لوصل المحطتين، ومن الصندوقين اللازمين لحفظ القرص والقضيبين المغناطيسيين في وضعهما السليم. والواقع أن هذه الآلة هي أبسط آلة يمكن أن تخترع لكي تقوم بمثل هذا العمل العظيم. والأعجب من ذلك أن هذا التلفون لا يزال يستعمل إلى وقتنا في استقبال الرسائل التلفونية.

الميكروفون

ومما يدل على جودة هذه الآلة أنه مضى على ظهورها الآن ما يربو على نصف قرن وهي هي رغم الجهود المبذولة لإدخال تحوير أو تحسين عليها دون جدوى. ولكن جهازه في الجملة من حيث إرسال الكلام واستقباله غير متقن. فيه ما يعوق صلاحه لمحاكاة الأصوات على أبعاد كبيرة. فاقترح في ذلك الحين إديسون استعمال الكربون في المرسل ولكن جهازه لم يكن ذا أثر يذكر في تقدم التلفون من الوجهة التطبيقية. ولقد أحيا الجهاز الجديد من بعض الوجوه فكرة ريس، غير أنه بدلاً من قطع الدائرة ثم وصلها رؤى إضعاف التيار وتقويته على التوالي عن طريق تقوية التماس ثم إضعافه، وقد تم ذلك سنة ١٨٧٨ لما اخترع دافيد إدوارد هيوز الجهاز الذي سماه "ميكروفون".



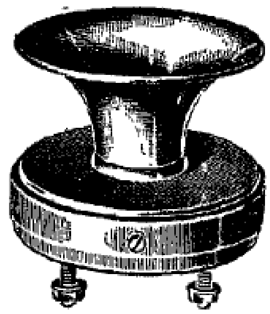
(شكل ٧٦) ميكروفون ذو قلم كربوني يهتز بين قطعتي كربون

فقد استخدم هيوز قاعدة التماس السائب هذه فابتكر هذا الجهاز الذي ربما كان أعجب وأبسط من التلفون. فالتيار يرسل خلال تلفون بل وقطعتي كربون يصل بينهما قلم من الكربون سائب الوضع بينهما. وركب الجميع على لوح من الخشب. فأقل صوت يحدث في اللوح يستحيل صوتاً عالياً في سماعة التلفون. وحتى إذا سارت ذبابة فوق اللوح فإن وقع أقدامها يسمع في التلفون.

ونظرية الميكروفون هذه هي التي تستخدم الآن في جميع مرسلات التلفون على اختلاف أنواعها. ففي مرسل بليك تلمس صفيحة المرسل أحد طرفي سلك متصل بكرة من البلاتين، ويلمس طرفه الآخر كرة أخرى من الكربون. فالدائرة الكهربائية هنا لا تنقطع ولكنها تضعف وتقوى على التبادل بضعف التماس بين الكرتين وشدته، فينتقل الكلام إلى المستقبل ويسمع بوضوح عظيم.

الميكروفون ذو الحبيبات الكربونية

ويوجد نوع آخر يعرف بمرسل هننجس يمر التيار فيه من صفيحة المرسل خلال فتات من الكربون موضوعة في علبة خلف الصفيحة، فإذا اهتزت الصفيحة من تأثير الكلام تهتز قطع الكربون هذه، ويؤدي ذلك كما في حالة مرسل بليك إلى تقوية التضاغط بين فتات الكربون ثم إضعافه على التتالي، أي إلى اختلاف التماس شدة وضعفاً فتتغير المقاومة الكهربائية، وتتغير تبعاً لها شدة التيار، وتتذبذب الصفيحة الرقيقة في المستقبل محدثة نفس الصوت وهذا المرسل هو المعروف اليوم باسم "الميكروفون ذي الحبيبات الكربونية". وأصبح التلفون بعد ذلك كشقيقه التلغراف من أبرز علامات المدنية الحديثة في الوقت الحاضر.



(شكل ٧٧) ميكرفون حبيبات كربونية

الفصل الخامس عشر

الضوء الكهربائي

ليس الإنسان هو المخلوق الوحيد الذي يستضيء بالضوء الصناعي، بل إن النبات والحيوان يشتركان معه في ذلك. فبعض النباتات الميكروسكوبية التي نسميها بكتريا تشع الضوء من جسمها. وكل ما يحدث في هذا السبيل أن طاقتها الكيماوية تستحيل طاقة ضوئية. وقد وقف العلماء على ما يقرب من ثلاثين نوعاً من البكتريا المضيئة، ولكن أكثرها شيوعاً هي البكتريا الفسفورية. وتوجد البكتريا في أماكن عدة، وتوجد في جروح الإنسان، وتسبب له ما أدى في الغالب إلى تأويلات خرافية. وتوجد عدا البكتريا من النباتات الفطرية نباتات يشع منها الضوء؛ ففي جنوب أوروبا يوجد النبات المضيء الشهير المسمى أغاريقون، وهو الذي ينمو بأسفل أشجار الزيتون. ويوجد أيضاً كثير غيره، وينشأ الضوء في بعضه بوساطة الخيوط الدقيقة التي يسميها علماء النبات "ميسيليوم" وفي بعضه يضيء قرص النبات الفطري كله.

وهذا إلى أن إضاءة الخشب الذي نخره السوس، تلك الإضاءة التي عجب لها أرسطو فيما مضى، راجعة إلى انتشار الميسيليوم، بل إن بعض الجذور، مثل جذور عرق الانجبار الذي يوجد بكثرة في مراعي إنجلترا، تخترقها خويطات مضيئة. وينطبق هذا على الأوراق التالفة من أوراق شجر البلوط والزان التي قد ترى منثورة على الأرض تلمع في الظلام. على أن انبعاث هذا الضوء من الخشب المنخور والأوراق التالفة يرجع إلى وجود خيوط فطرية لا إلى البكتريا. وهنا يصح أن نشير إلى أن هذا الضوء ليس منشؤه الفسفور كما هو شائع خطأ.

ويعيش الطحلب المضيء في التجاويف الصغيرة المعتمة الكائنة بين الصخور. ولكن بريقه إنما ينشأ عن انعكاس أشعة ضوء النهار المتفرقة، وهذا الانعكاس يحدث من سطوح عاكسة لخلايا جلدية تشبه العدسات في الشكل، وما هذا التشابه في الشكل إلا تكيف لتكوين معظم الضوء الضئيل الحادث، وذلك لأن الضوء للنبات الأخضر هو كل شيء. وما ذلك المظهر البراق الذي قد يؤوله الرائي بأنه ضوء إلا ظاهرة عرضية وهو يشبه من كل الوجوه بريق عيون الهررة في الظلام. إذ المعروف المحقق أن عين الهر ليست ذات قدرة على إحداث الضوء، وليست سوى أجسام تعكس الضوء. وترجع هذه القدرة في عين الهر إلى تلك الطبقة الخلفية الموجودة فيها، والتي لها صفة المرآة العاكسة، وليست وظيفة هذه الطبقة أن تجعل العين تبرق في الظلام، بل لتمكن الهر من الاستفادة أعظم فائدة خلال هجماته الليلية من ذلك الضوء القليل المستطاع.

الضوء الحيواني

أما توليد الحيوان للضوء فظاهرة شائعة لدى ما لا يقل عن ست وثلاثين رتبة من رتب الحيوان، وترى هذه الظاهرة في كثير من قسم الحيوان الشهير باسم أنفيوسوريا مثل الحيوان المسمى "ضوء الليل"، وهو الذي يجعل البحار تضيء ليلاً في الصيف، وكذلك ترى في كثير من الحيوانات اللادغة مثل "قلم البحر" و"الديدان البحرية" و"نجمة البحر" وفي كثير من الحيوانات القشرية والحشرات وبعض الحيوانات الرخوة. وفي ضوء بعض الإسكيديا وهي "قرب البحر" يستطيع الإنسان أن يقرأ ليلاً. وفي أمريكا حشرات تشع ضوءًا أبيض براقًا جعل الأهلين هناك يتخذون منها مصابيح في الليل. وهذه الأضواء الحيوانية في الواقع تفوق بكثير الأضواء الصناعية التي تحدثها، فهي اقتصادية جداً، ولا يبذل الحيوان في إحداثه الضوء إلا جزءاً قليلاً من قوته ومجهوده، ويسميه العلماء

"الضوء البارد" لأنه يحدث دون ارتفاع درجة الحرارة ارتفاعاً كبيراً محسوساً، ويحدث من غير طريق الحرارة، وإذن كان ضوء البراعة أو ضوء الحباحب أرخص أنواع الضوء، لأنه لا يحدث فقداناً في الطاقة على صورة حرارة، وإذن يكون ربح الإنسان عظيماً لو أنه وقف على مثل طريقة الاستضاءة هذه.

استضاءة الإنسان

والإنسان منذ عرف كيف يوقد النار استطاع أن يضيء ظلمة الليل الفاحمة، ولم يعد يقصر اعتماده في الإضاءة على الشمس والقمر، على أن النار التي يوقدها الهمجي بحرق كتل الخشب لم تكن تهيء له سبيل الإضاءة فقط، بل كانت تمده بالحرارة أيضاً، ولكنها كانت تعطي من الحرارة أكثر مما تعطي من الضوء، فهي ساخنة لا نستطيع لمسها، ولكنا نستطيع أن نطلق فيها أبصارنا فلا يؤذينا توهجها. وهي قد تُهيأ فتكون أشد تلألؤاً ومع ذلك لا يبهرنا ضياؤها.

وكان قدماء المصريين أول من اخترع المصابيح، وكانت مصابيحهم أوان مملوءة بالزيت ومجهزة بفتائل مغموسة فيه. وتلا ذلك ظهور الشموع حينما وجدوا أن بعض أنواع الدهن يمكن أن يذوب وينصهر حينما يلمسها الفتيل الساخن. ولكن أحسن أنواع الشمع يعطي ضوءًا ضعيفًا إلا إذا أوقدت مئات منه معًا، وعندئذ يتصاعد بإيقادها مقدار كبير من الدخان. وخير الأضواء ذلك الضوء الذي يكون نيرً متلألئاً لا ينفث حرارة ولا دخاناً ولا تكون له رائحة، والذي يكون عدا ذلك رخيصاً وجاهزاً يمكن إيقاده على الفور في أية لحظة وفي أي مكان.

ولقد شهد القرن الماضي تحسينات عجيبة أدخلت على المصابيح، وقد تتالت هذه التحسينات، ولكن أيسر أنواع الضوء التي اخترعت حتى اليوم

وأفضلها هو الضوء الكهربائي، فهو لا ينفث دخاناً، وهو رائق صاف متلألئ، وهو يوقد ويطفأ بلمسة بسيطة، وعدا هذا فهو رخيص نسبياً، وهو يفضل المصابيح الزيتية حيث لا يحتاج فيه إلى فتيل ولا إلى زيت، وهو يفضل الغاز أيضاً لأنه لا يحتاج إلى ثقاب يشعله ولا إلى شبكة تشع الضوء فضلاً عن انعدام خطر الانفجار.

اللهب الكهربائي

واخترع الضوء الكهربائي في القرن التاسع عشر، وكان سير همفري ديفي أول من استحدثه، فقد كانت لديه في المعهد الملكي بطارية مؤلفة من ألفي عدد، وقد وجد ذات يوم أنه حينما وصل قطبيها بسلكين، ثم قرب طرف أحدهما من طرف الآخر، ظهر ضوء واضح بينهما. وكان هذا الضوء أو هذا اللهب شديد الحرارة بحيث صهر المعادن التي يصعب صهرها ومن بينها البلاتين، فحاول أن يجد مادة لا تنصهر، وتكون في الوقت نفسه موصلة للكهربائية. فجرب الفحم النباتي، ولكنه وجده رديء التوصيل جداً للكهربائية، فغمره في زئبق. وبذلك حصل على موصل جيد لم ينصهر حقيقة في اللهب الكهربائي غير أنه احترق بسرعة. ومع ذلك فقد عرض هذا الضوء في المعهد الملكي بإنجلترا سنة ١٨٠٨ فأثار دهشة عظيمة.

القوس الكهربائي

وظلت تلك التجربة الأولى والأخيرة في هذا الصدد حتى منتصف القرن التاسع عشر تقريباً حيث وجدت مادة تحترق ببطء، وقد وجدت هذه المادة في قرار البوادق المستخدمة في صناعة غاز الاستصباح. فعندما يتصاعد بالتسخين غاز الاستصباح جميعه يبقى فحم الكوك ومادة أخرى سوداء صلبة مندمجة تلصق بقرار البودقة. وقد سميت هذه المادة "الكربون الغازي" ووجد أنها جيدة

التوصيل للكهربائية، وأنها خير مادة تصلح لإجراء تجارب على اللهب الكهربائي. فقطعت على شكل قضبان أو أقلام صغيرة، وجعل اللهب يظهر بين طرفي قلمين من هذه الأقلام متصلين بالدائرة الكهربائية ومكونين قطبين لها. فاتخذ اللهب شكل قوس انثنى إلى أعلى فوق طرفي القلمين، وذلك بسبب حرارة اللهب التي أحدثت تياراً هوائياً صاعداً. وسمي اللهب من ثم "القوس الكهربائي" وسمي المصباح الذي يشتمل عليه "المصباح القوسي". وأمثال هذا المصباح القوسي هي التي تستعمل في إنارة الشوارع والميادين الفسيحة. فكل مصباح يعدل في الإضاءة ألوف الشموع الموقدة معاً. والضوء المنبعث من طرفي قلمي الكربون المرتفعة حرارتهما إلى درجة الابيضاض هو أسطع الأضواء الممكن إحداثها صناعياً.



(شكل ٧٨) المصباح القوسي

ولكن المصباح القوسي شديد الإضاءة جداً، فلا يمكن استعماله في الأحوال العادية؛ فهو يبهر البصر، ولذلك فهو لا يصلح للاستعمال في حجرة عادية مثلاً. وظل الكهربائيون سنين وهم جادون وراء الحصول على نوع آخر من المصابيح الكهربائية لا يبهر ضوؤه الأبصار كما يبهرها القوس الكهربائي بضوئه. وبذل رجلان في هذا السبيل أكبر مجهود كلل بالنجاح. وهذان الرجلان هما توماس إديسون في الولايات المتحدة بأمريكا وجوزيف سوان بإنجلترا.

إديسون

وقد ولد إديسون سنة ١٨٤٧، ولم يلتحق في حياته بأية مدرسة، وكل ما تلقاه من الثقافة إنما كان على يدي أمه، ومع ذلك فقد صار أنبه المخترعين ذكراً في القرنين التاسع عشر والعشرين دون أن يتخرج في مدرسة عالية أو جامعة عظيمة. ولكن ولوج باب الابتكار والاختراع لا يتوقف على شهادة علمية أو درجة جامعية، بل على العبقرية المقرونة بمضاء العزيمة وتوثب الذهن.

ولما بلغ الثانية عشرة من عمره اشتغل عاملاً في قطار السكة الحديدية يبيع الجرائد فيها، وبلغ من شغفه بها أن تعلم الطباعة، فلما تعلمها رأى أن يطبع جريدة خاصة به إبان عمله في عربة العفش في القطار، ثم يوزعها على الركاب. وفي ذات يوم أنقذ حياة ابن أحد نظار المحطات، وقد كاد يدهمه القطار. فاعترافاً له بهذا الجميل علمه ناظر المحطة هذا أعمال التلغراف من إرسال إشارات وتلقي رسالات، وكان التلغراف قد دخل إذ ذاك في دور التعميم. فأظهر الفتى إديسون في أعمال التلغراف مهارة عظيمة، وسرعان ما عين بين عماله أي أنه عين "تلغرافياً".



(شكل ٧٩) توماس إديسون المخترع الأمريكي

ولما بغل الحادية والعشرين اخترع تلغرافاً جديداً يدون الرسالة بنفسه، وقد كان هذا الاختراع كبير النفع، فسألته عدة شركات تلغرافية أن يخترع أشياء أخرى لهم كانوا في شديد الحاجة إليها. فأقام إديسون لنفسه مصنعاً لصنع التلغرافات المدونة، واضطر بعد بضع سنين إلى بيع مصنعه هذا نظراً لضيقه، وأسس مصنعاً آخر جديداً كبيراً في مناوبارك بمدينة نيوجرسي. ونما هذا المصنع واتسع، ومنه خرجت جميع اختراعاته التي تعدت الألف، وظل إديسون يعمل فيه حتى وافاه القدر سنة ١٩٣١، فراح مأسوفاً عليه من جميع رجال العلم ذوي الإجازات العالية. ويقال إنه شغل قبيل وفاته بابتكار جهاز لمخاطبة الأرواح بالصوت المباشر.

ومما يجدر ذكره في هذا الصدد، أنه في إحدى جلسات تحضير الأرواح المنعقدة في لندن في شهر أبريل سنة ١٩٣٨ كما جاء في عدد مجلة "سايكك

نيوز" رقم ٣١٠ الصادر بتاريخ ٣٠ أبريل سنة ١٩٣٨ خاطب روحه الحاضرين بالصوت المباشر معترفاً بقصوره هو ومركوني عن إعداد هذا الجهاز ومهنئاً الذين نجحوا في صنع الأجهزة الحديثة لمخاطبة الأرواح بالصوت المباشر ورؤيتها وهي تشغل بعض هذه الأجهزة. ومن هذه الأجهزة جهاز التليفوكس **televox** للكلام وجهاز الرفلكتوجراف **reflectograph** لرؤية الروح متجسداً وهو يكتب عليه وكأنه آلة كاتبة. وقد فصلنا ذلك في محاضرة لنا ألقيناها في الجامعة الأمريكية في نوفمبر سنة ١٩٣٨، ونشرها المقتطف في عددي يناير وفبراير من سنة ١٩٣٩.

وكانت الفكرة التي استحوذت على إديسون أن يستخدم الكهربائية في جعل الحياة سهلة سارة مستساغة، ولكي يصل إلى ذلك نراه قد سلك طريقاً يخالف طريق سابقيه من المستكشفين. ففي أوروبا اتجه رجال العلم إلى استكشاف الحقائق العلمية أولاً، فإذا ما استكشفوها حاولوا أن يستنبطوا الطرق التي تستفيد الإنسانية منها. ويرى البعض أن الغرض الأول أهم بكثير من الثاني. أما إديسون قد كان يسلك سبيلاً أخرى. فهو أولاً يسأل نفسه ما هي المسألة الكبرى التي تستلزم حلاً. فلما يجد المسألة يبدأ في تنفيذها متخذاً جميع الحقائق والمشاهدات التي تتصل من بعد أو من قرب بها. وبعدئذ يبحث عن خير طريق لحلها. وإذا استلزم الأمر إجراء الكثير من التجارب والبحوث فإنه لا يتأخر عن إجرائها. وبهذه الطريقة كان الرجل لا يخترع اختراعات عظيمة فقط بل كان يصل أيضاً إلى كشوف علمية عظيمة.

مصباح إديسون الكهربائي

ولما اعتزم أن يصنع مصباحاً كهربائياً يفي بالغرض عرف أنه عند إرسال تيار قوي في سلك رفيع يسخن السلك ويحمر أو يبيض من شدة الحرارة،

وبذلك يشع ضوءًا. ومثل هذا الضوء لا يكون شديد الوطأة على العين، وعلى ذلك فهو من هذه الوجهة يفضل القوس الكهربائي؛ فجرب إديسون جملة أسلاك مختلفة، وعلى الرغم من أن الكثير منها قد شع ضوءاً يفي بالغرض إلا أنها لم تعمر طويلاً. فالسلك البلاتيني يمكن أن يصل إلى درجة الابيضاض بالحرارة، ولكن إلى زمن ما لأنه في النهاية ينقطع عند جزء منه.

ولما كان القوس الكهربائي لم ينجح إلا عن طريق الكربون، اتجه بطبيعة الحال فكر إديسون إلى الكربون. والفحم النباتي كما هو معروف كثير المسام، فضلاً عن أن الكربون الغازي لا يمكن سحبه وصنعه أسلاكاً. فخطر لإديسون أنه إذا تعرض خيط حريري إلى حرارة شديدة اسود لونه، فهو إذن يستحيل كربوناً كالفحم النباتي، ولا يحتاج إلى سحب لأنه يكون رفيعاً جداً. فأجرى تجارب على خيوط من الحرير والقطن والكتان بأن سخنها تسخيناً شديداً في إناء مغلق، فأنتجت كلها خيوطاً كربونية دقيقة رفيعة، ولكنها كانت تنقطع لأقل اضطراب يحدث فيها. ووجد إديسون أن ألياف الخيزران أحسن المواد التي جربها في هذا الصدد، وإن تكن قد تلفت بعد أن استعملت في المصباح ستمائة ساعة.

الشمعة الكهربائية

واخترع بعد ذلك ما سماه "الشمعة الكهربائية" وهي قضيب قصير من مسحوق البلاتين المخلوط بالجير، ولكنه انتهى بعد ذلك إلى أنه لا شيء يفي بالغرض إلا سلك من الكربون. ومن الغريب أن جوزيف سوان بإنجلترا كان قد وصل في الوقت ذاته إلى نفس النتيجة، ولم تكن المسألة مسألة توارد في الخواطر بل كانت نتيجة حتمية لمقدماتها التجريبية، فقد كان المخترعان على بعد المسافة بينهما يسيران في اختراعهما جنباً إلى جنب أي يتبعان نفس الخطوات، فوصلا

في النهاية إلى نتيجة واحدة. وقد حصل إديسون على نتائج طيبة بخلطه السناج والقطران، ثم سحبهما معاً وجعلهما سلكاً رفيعاً. أما سوان فقد نقع خيطاً من الكربون في حامض كبريتيك فحوله إلى مادة تشبه جلد الكتابة، ثم سوّد لونه بتعريضه إلى حرارة شديدة. ونجح كلا المخترعين نجاحاً عظيماً، وصنعا مصابيح ملائمة من جميع الوجوه.

وسجل كل منهما اختراعه، وحدثت بينهما منافسة شديدة استغرقت زمناً ما، ولكنهما رأيا في النهاية أنه خير لهما أن يتصافيا ويصبحا صديقين لا أن يظلا عدوين. وفعلا تحالفا وصنعت مصابيحهما بطريقة واحدة، واتفقا على تسميتها باسم "إديسون" الذي هو مزيج من اسميهما، فالقطن ينقع في محلول كلورور الخارصين، فيعطي مادة كالعجينة، ثم تضغط هذه العجينة لتخرج من خلال ثقب ضيق، فتنبثق منه على شكل خيط رفيع. ثم يسود هذا الخيط بالتسخين في بودقة مقفلة مصنوعة من الجرافيت، وبذلك يتم صنع الليفة المطلوبة. وسميت الليفة شريطاً.

جوزيف سوان

وأخال أن لا بد قبل المضي في الشرح من كلمة عن هذا المخترع الإنجليزي العظيم جوزيف سوان، فقد ولد في سندرلند سنة ١٨٢٨ وتلقى العلم في منزله فلم يلتحق بمدرسة ولا جامعة، شأنه في ذلك شأن زميله إديسون؛ وتتلمذ في حانوت صيدلي في بلدته هذه حتى حذق الصيدلية، ثم اشتغل بالكيمياء وصار وكيلاً لشركة الكيماويين الصناعيين في نيوكاسل ثم مساهما فيها، وأدى به اشتغاله في الكيمياء الصناعية إلى ابتكار تحسينات في الألواح الفوتوغرافية.



(شكل ٨٠) جوزيف سوان المخترع الإنجليزي

وقد سجل سنة ١٨٦٢ اختراعه الأول الخاص بالطباعة الكربونية الشمسية، وفي سنة ١٨٨٠ ابتكر المصباح الكهربائي الذي نحن بصدده، ثم واصل اختراعاته الكهربائية بعد ذلك، واختير سنة ١٨٩٤ عضواً في الجمعية الملكية البريطانية. وعين سنة ١٨٩٨ رئيساً لمعهد المهندسين الكهربائيين في إنجلترا، وظل شاغلاً له عشر سنين. وفي سنة ١٩٠١ اختير رئيساً لشركة الصناعات الكيماوية، وفي هذه السنة منحته جامعة درهام شهادة الدكتوراه الفخرية في العلوم D.SC وأخيراً رقي لطبقة الأشراف ومنح لقب سير، وتوفي في مايو سنة ١٩١٤. ومن هذا يتضح أنه لم يسع وراء الحصول على إجازة علمية، بل إن الإجازة العلمية هي التي سعت إليه.

الوعاء بعد الشريط

ولنعد إلى استئناف البحث فنقول إن الخطوة التي يتحتم أن تلي اختراع الشريط الصالح هي أن يوضع ذلك الشريط في كرة زجاجية لا أثر للهواء فيها، لأنه إذا لامس أصغر مقدار من الهواء الشريط وهو متوهج فإنه يحترق على

الفور. وكان من السهل جداً تفريغ الهواء كله تقريباً من الكرة الزجاجية، أو أن يترك فيها جزء من غاز لا يسبب للشريط تلفاً، ولكن الشيء الصعب هو تركيب الشريط في الكرة وإمكان تسيير تيار فيه من الخارج.

وقد تم هذا عن طريق صهر أسلاك بلاتينية رفيعة في الزجاج، ولا يخفى أن الأسلاك البلاتينية هي الأسلاك الوحيدة التي لا تكسر الزجاج، لتساوي تمدد البلاتين والزجاج بالحرارة، ومن ثم لا ينكسر الزجاج. ويوصل الشريط بالسلك البلاتيني بعجينة خاصة. فإذا ما تم هذا يفرغ الهواء من الكرة ثم تسد من أسفلها بصهرها. وتسمى الكرة الزجاجية بصلة، ويُوضع لها عند رقبتها طوق من النحاس، إما أن يكون محوياً وإما أن يخرج منه مسماران لكي يمكن تثبيته في طوق خارجي محوي أو به فتحتان يستقر فيهما المسماران. ويتصل بالطوق الخارجي التيار الكهربائي. وتستعمل الآن أسلاك رفيعة من التنجستن بدلاً من الكربون لكي يقوم مقام الشريط في المصابيح الكهربائية المتوهجة.

***

ويجيء التيار للمصابيح من مصنع خاص يحتوي على آلة بخارية أو آلة ذات احتراق داخلي تدير آلة كهربائية أخرى اسمها الدينامو. والدينامو أساسه التيارات التأثيرية التي استكشفها فرداي مما سنفصله في الفصل القادم الخاص بفرداي الذي قضى حياته كلها في البحث وراء الحقائق الجديدة، إذ أن الرجل لم يكن يفكر بادئ ذي بدء في الفائدة التي يجنيها بنو الإنسان من كشوفه لأنه كان يعلم حق العلم أن من ورائه مهندسين ومخترعين على أهبة للانتفاع بكشوفه. وجدير بالمستكشف والمخترع أن يعملا معاً يداً بيد، فالمستكشف يظهر الطريق التي بها تتم الكشوف العلمية، والمخترع يطبق هذه الكشوف عملياً. والخير الذي يصيب الإنسانية منهما يعود بالأكثر إلى المخترع الذي

يعترف له بالفضل أولئك الذين سعدوا بمخترعاته التي رفهت لهم الحياة في غير جهة واحدة.

على أن اطراد التقدم في الكشوف العلمية يجعلنا نعتقد أن الإضاءة لابد متطورة مع هذه الكشوف، ويبدو لنا أن ضوء المستقبل سيكون ذلك الضوء الذي لا تصحبه حرارة غير منظورة من أمثال ضوء اليراعة، والعلم إذا سيطر على المادة وتكوينها فإن كثيراً من العقبات يزول بطبيعة الحال من طريق المخترعين، لأن الإنسان إذ ذاك لن يقف مكتوف اليدين إزاء العناصر والمركبات الحاضرة، بل سيكون قادراً على تعديلها التعديل الذي يلائم حاجاته.

الفصل السادس عشر

ميخائيل فرداي ..
الرجل الذي وضع أساس علمين خطيرين

غريب أن يكون الرجل الذي عمل كثيراً في تقدم علم الكهربائية وما يتصل به من الناحيتين الهندسية والكيماوية ابن حداد لندني. لم يتزود من العلوم المدرسية بغير مبادئ القراءة والكتابة والحساب، ولم يقض وقت فراغه في غير المنزل والطريق. ابتدأ وهو في الثالثة عشرة يشتغل لكسب قوته في دكان يعمل صاحبها في تجليد الكتب وبيع القديم منها، فلما انقضى عليه عام واحد تعلم صناعة تجليد الكتب وأتقنها، ولكنها كانت صناعة لا تلائم أطماعه وإن تكن أتاحت له قراءة كثير من الكتب التي أتمت له ما نقص من أمر تعليمه، والتي منها استمد ما مكنه من إجراء تجارب كيماوية وأخرى كهربائية، وكان يحضر بعض المحاضرات التي تلقى في العلوم الطبيعية متى ما دفع له غيره رسوم حضور هذه المحاضرات.



(شكل ٨١) ميخائيل فرداي

وعندما بلغ سن الرشد (٢١) كان قد استمع لأربع محاضرات ألقاها في المعهد الملكي بلندن سير همفري ديفي الذي اخترع مصباح الأمن المستعمل في المناجم، فتاقت نفسه إلى أن يكون من رجال العلوم، واعتزم منذ ذلك الحين أن يهجر صناعة تجليد الكتب وما إليها من المهن لكي يخلص إلى الاشتغال بالعلوم الطبيعية. وكان بطبيعته يكره الحرف، ويعتقد أن رجال العلم أجمعين أهل طيبة ورحمة، وأن العلم هو الذي جعلهم كذلك. فكتب إلى ديفي يرجو أن يقبله مساعداً له في المعهد، وأرسل إليه مذكراته التي كان قد عني بكتابتها عما سمعه من المحاضرات كشهادة يزكي بها نفسه. وأفضى إلى ديفي في رسالته أن أعز

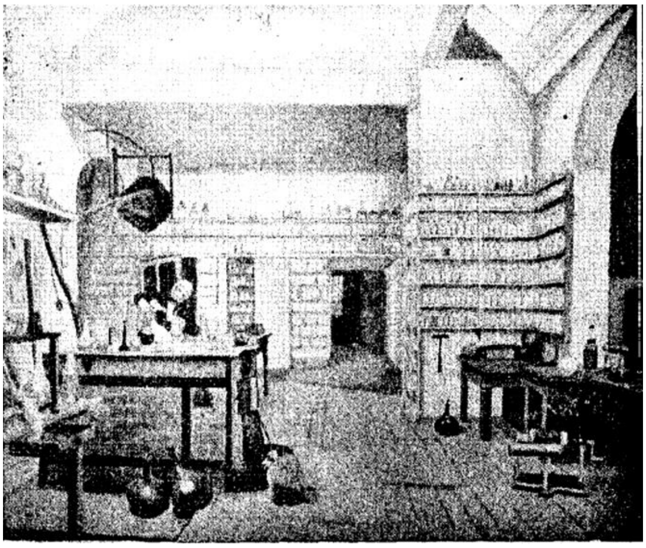
أمنية لديه أن يقفو أثره. فتلقى ديفي رسالته بالقبول ورد عليه يقول:

"لقد سرني ذلك الدليل الذي قدمته إليَّ عن وثوقك بنفسك، والذي أبان عن غيره عظيمة وذا كرة قوية وانتباه شديد. وأنا الآن مضطر لمغادرة لندن والتغيب عنها حتى آخر يناير، أما بعد ذلك فإني منتظرك في أي وقت تشاء. ويسرني كثيراً أن أتمكن من مساعدتك، وأرجو أن يكون في وسعي مساعدتك". (وتاريخ هذا الخطاب ٢٤ ديسمبر سنة ١٨١٢)

وقد بر ديفي بوعده، وعينه في السنة التالية مساعداً له في المعهد الملكي، واصطحبه في رحلة قام بها في القارة الأوروبية. ولما عاد فرداي سنة ١٨١٥ إلى لندن بدأ حياته العلمية، ونشر أول رسالة له في السنة التالية، وأخذ نجمه منذ ذلك العهد في الصعود حتى بلغ منتهى ما يأمله الباحثون من الشهرة وعلو المنزلة. ولما بلغ الثلاثين تزوج وجاء بزوجته إلى المعهد الملكي حيث عاشا معاً ست سنوات. وفي سنة ١٨٢٤ انتخب عضواً في الجمعية الملكية، وفي سنة ١٨٢٥ خلف ديفي في رياسة المعهد الملكي.

ويروى عن فرداي وهو صغير أنه سقط وهو يلعب من فتحة في سقف دكان أبيه، وكانت الفتحة تعلو السندان مباشرة. فكادت هذه السقطة تقضي عليه لولا أن أباه كان مشغولاً في عمله منحنياً فوق السندان فسقط على ظهره. ولولا ذلك لكان قضى نحبه، وتغير من جراء ذلك تاريخ العلوم الحافل بكشوفه.

ومباحث فرداي في الفيزيقا دارت حول موضوعات شتى متعددة، ولكن أكثرها وأخطرها كان في الكهربائية والمغناطيسية، ونحن لا نغالي إذا عددناه أعظم باحث عملي في هذا العلم على الإطلاق.



(شكل ٨٢) فرداي في معمله بالمعهد الملكي

كشف ظاهرة الدوراق المغناطيسي الكهربائي

سبق أن ذكرنا في حديثنا عن "التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي" كشف أرستد الخاص بتأثير التيار في الإبرة الممغطسة، وإدراكه في النهاية وجود ما نعبر عنه الآن بالمجال المغناطيسي للتيار الكهربائي، ووصفه وصفاً لا يتناقض وما نعلمه الآن، فترتب على كشف أرستد هذا أن كشفت ظاهرة كان ولا يزال لها شأن كبير في علم الكهربائية وتطبيقه في شؤون الحياة. فتجربة أرستد وما تلاها من بحوث أمبير دلت على أن القطب الشمالي للإبرة الممغطسة يميل إلى التحرك حول محيط دائرة مركزها على السلك ومستويها عمودي عليه متى أمر في السلك تيار كهربائي، ولكن لم يكن يوجد ما يعزز هذا الرأي من الوجهة العملية، أي لم تكن قد أجريت بعد تجربة ما تدل على حقيقة دوران القطب المغناطيسي حول السلك المار فيه التيار الكهربائي. وكذلك خطر لكثير من العلماء في ذلك العهد احتمال دوران السلك المار فيه التيار حول القطب

المغناطيسي، في الاتجاه المضاد لاتجاه انحراف ذلك القطب حول السلك.

واتفق في ذلك العهد أن طلب محرر إحدى المجلات العلمية الإنجليزية من فرداي أن يكتب بياناً عن نشوء علم المغناطيسية الكهربائية لكي ينشره في المجلة، فأخذ فرداي في صيف عام ١٨٢١ في إعداد مقالاته، ورأى أن يعيد بنفسه جميع التجارب التي يريد ذكرها، حتى يكون على تمام البينة من أمرها، فاشتغاله بهذه التجارب جعله يبتكر في شهر سبتمبر من تلك السنة وسيلة يستطيع بها تحريك هذا السلك حول القطب المغناطيسي، وقد نجح في إحداث كلتا الحركتين نجاحاً تاماً أثار عليه حقد منافسيه حتى رموه باطلاً باستئثاره بما ليس له حق فيه.

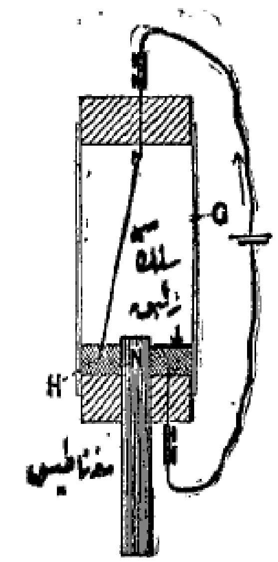
"وطريقته في جعل القطب المغناطيسي يدور حول السلك أو الموصل المار فيه التيار أنه هيأ إبرة ممغطسة خفيفة بحيث انغمست وهي في وضع رأسي في إناء به زئبق، وكان أحد قطبيها بارزاً فوق سطحه، ثم أتى بسلك متصل بأحد قطبي بطارية، وكان قطبها الآخر متصلاً بالزئبق، وثبت السلك رأسياً وطرفه الخالص مغمور في الزئبق، فشاهد أن القطب البارز أخذ يدور حول السلك.

"وطريقته في جعل السلك يدور حول القطب أنه ثبت قضيباً ممغطساً في وضع رأسي في إناء به زئبق بحيث كان أحد قطبيه بارزاً فوق سطح الزئبق، وعلق من فوقه سلكاً مستقيماً متصلاً بخطاف من المعدن، بحيث كان السلك قابلاً للتحرك حركة مخروطية حول الطرف الأعلى للمغناطيس، والطرف الأسفل للسلك مغمور في الزئبق، فرأى أنه إذا ما اتصل أحد قطبي بطارية بالخطاف المعلق منه السلك، واتصل قطبها الآخر بالزئبق، أخذ السلك المار فيه التيار في الدوران حول القطب المغناطيسي.



(شكل ٨٣) إبرة فرداي المغناطيسية تدور حول السلك

"وقد كانت تجارب فرداي هذه فاتحة بحوثه الشهيرة في المغناطيسية الكهربائية، واهتدى بها كثير من العلماء في إجراء تجارب أخرى متنوعة تبين حركة السلك أو الموصل المار فيه التيار الكهربائي والقطب المغناطيسي أحدهما بالنسبة إلى الآخر كتجارب بارلو (١٧٧٦–١٨٦٢) أحد علماء الرياضة في إنجلترا وغيره من العلماء، وهي التي بينت إمكان إحداث الحركة من جراء التأثير المتبادل بين الموصلات التي تنقل التيار الكهربائي وبين المغناطيسيات، فكانت مبدأ لنشوء المحركات (الموتورات) التي يعد استخدامها في الحياة العلمية من أهم تطبيقات الكهربائية".



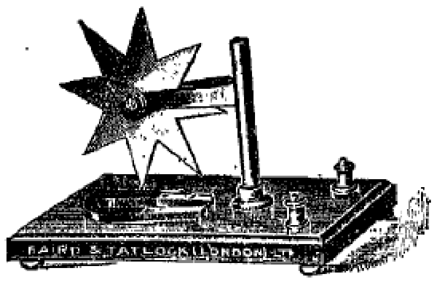
(شكل ٨٤) السلك يدور حول قطب مغناطيسي

كشف التيارات التأثيرية

وهل قنع فرداي بما أحرزه من نجاح في هذه المسألة؟ كلا بل أخذ يبحث في مسائل أخرى. خطر له أنه إذا كان بوساطة التيار الكهربائي يمكن إحداث المغناطيسية فهل يمكن بوساطة المغناطيس إحداث التيار الكهربائي؟ وبدأ يختبر بالتجربة مبلغ ذلك من الصحة. فماذا صنع؟ لقد جاء بسلكين وشدهما متجاورين، ووصل طرفي أحدهما ببطارية كهربائية. ولكي يدرك ما إذا كان قد سرى في السلك المجاور تيار آخر جاء بإبرة صغيرة ممغطسة وقربها ليرى هل تنحرف عليه دالة على وجود تيار فيه، أم لا تنحرف دالة على عدم وجود تيار فيه. ولكن الإبرة لم تتحرك. فوصل طرفي هذا السلك الخالص بجلفانومتر، وهو جهاز أكثر حساسية في إدراك التيار من الإبرة. وهو يتركب من ملف من السلك وضع في مركزه إبرة مغناطيسية صغيرة. فالتيار يمر في هذا الملف تارة فوق الإبرة في اتجاه ما، وتارة أخرى تحتها في اتجاه مضاد، محاولاً في كل حالة أن

يجعل الإبرة تنحرف في اتجاه ما، وتارة أخرى تحتها في اتجاه مضاد، محاولاً في كل حالة أن يجعل الإبرة تنحرف في اتجاه عمودي على الملف. وكلما زاد عدد لفات السلك في الملف كان التأثير أقوى. وبهذه الطريقة توقع فرداي أن يدرك وجود تيار ضئيل جداً في السلك.

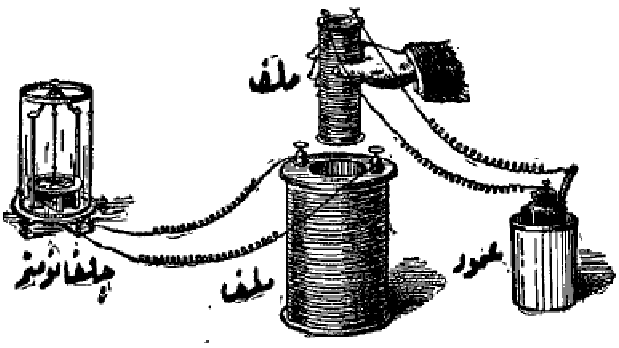
غير أن التيار الأصلي سرى في السلك الأول زمناً طويلاً دون أن يتأثر الجلفانومتر، دالاً بذلك على عدم مرور تيار البتة في السلك الثاني. وقد بدأ ذلك غريباً جداً لفرداي لأن المعروف أن الأجسام إما أن تكون مغناطيسية وإما أن تكون كهربائية، وذلك عند تقريبها من أجسام أخرى ممغطسة أو مكهربة. فكان طبيعياً لديه إذن أن يفترض أن ملفاً من الأسلاك يصح أن يسري فيه تيار كهربائي إذا قرب من ملف آخر يسري فيه فعلاً تيار كهربائي. ولم يكن لديه طريق موصل لذلك غير التجربة فبدأها كما قلنا ولم يصادف نجاحاً، فلما عاد إليها مرة أخرى بعد ذلك بأربع سنين لم ينجح أيضاً، فأعاد الكرة مرة ثالثة ولم يثبط همته ما أصابه من فشل في كل مرة.



(شكل ٨٥) عجلة بارلو

وفي شهر أغسطس من سنة ١٨٣١، وكان قد مضى على تجربته الأولى في هذا الصدد سبع سنين، تحول الظن إلى حقيقة، وثبت له في الواقع حدوث التيارات التأثيرية، واتخذ في تجربته التي أجراها حلقة من الحديد المطاوع جعل

حولها ملفين من سلك معزول من النحاس وصل طرفي أحدهما ببطارية تحتوي على عشرة أعمدة ووصل طرفي الآخر بجلفانومتر، فرأى أنه إذا أمر التيار الكهربائي في الملف الأول انحرفت إبرة الجلفانومتر ثم عادت بعد قليل إلى موضعها الأول، دالاً ذلك على حدوث تيار تأثيري وقتي. وكذلك رأى أنه إذا انقطع التيار الساري في الملف الأول انحرفت عند انقطاعه إبرة الجلفانومتر في الاتجاه المضاد، ثم عادت بعد قليل إلى موضعها الأول، دالاً هذا أيضاً على حدوث تيار تأثيري وقتي يسير في اتجاه مضاد لاتجاه الأول. وشك فرداي في الأمر ومضى يسائل نفسه هل هذا هو التيار التأثيري الذي توقعه. وكتب لصديق له يقول: "أظنني قد عثرت على أمر خطير ولكنني لا أستطيع الجهر به، فقد يكون عشباً لا سمكاً ذلك الذي انتشلته واستخرجته بعد كل ما بذلك من جهود".



(شكل ٨٦) التيارات التأثيرية

وكان فرداي في إجراء التجارب لا يشق له غبار، وطريقته في ذلك خير مثل يحتذى في البحث العلمي التجريبي؛ فهو عندما كان يجد نتيجة لا ينتظرها يغير التجربة ويقلبها على عدة وجوه لكي يمحص الأسباب والنتائج. ولذلك رأى أن يحاول الحصول على تيار عن طريق مغناطيس لا عن تيار آخر، فأخذ

أسطوانة من الحديد المطاوع، وجعل حولها ملفاً من سلك معزول من النحاس ووصل طرفيه بجلفانومتر فرأى أنه إذا قرب من طرفي الأسطوانة قطبان مختلفان لقضيبين مغناطيسيين حدث في الملف تيار كهربائي وقتي، وإذا أبعد القطبان حدث أيضاً تيار كهربائي وقتي غير أن اتجاهه عكس اتجاه الأول.

وقد كان لهذا الاستكشاف الجديد خطره البعيد الأثر، حيث أثبت حدوث التيار الكهربائي بتأثير المغناطيسية. واستحثه نجاح هذه التجارب على متابعة البحث، فلف سلكين معزولين طويلين لفا لولبياً حول ساق من الخشب، وكان أحد السلكين حول الآخر، ووصل طرفي أحدهما بجلفانومتر وطرفي الآخر ببطارية قوية، فرأى أنه إذا مرر التيار في هذا الملف حدث في الأول تيار تأثيري وقتي فتنحرف إبرة الجلفانومتر في اتجاه معين، وإذا انقطع التيار حدث تيار تأثيري وقتي في الاتجاه المضاد.

أمثال هذه التيارات سميت "التيارات التأثيرية" وهي معروفة اليوم لكثيرين عن طريق "ملفات التأثير" التي تستعمل في كهربة الإنسان وتسبب شعوره بما يشبه الوخز.

وبدلاً من إرسال تيار خلال ملف موجود داخل ملف آخر يصح أن تجئ بملف يسري فيه تيار ثم تدخله في ملف آخر متصل بجلفانومتر ونخرجه منه، فعند دخول الملف ذي التيار أو خروجه تتحرك إبرة الجلفانومتر دالة على مرور تيار تأثيري وقتي في الملف الآخر.

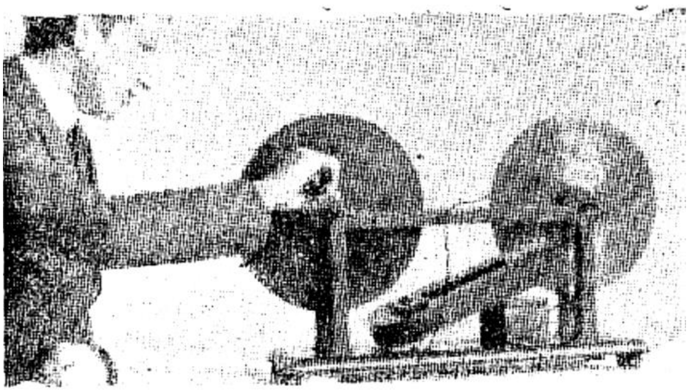
وبين فرداي أن التيار التأثيري يحدث في سلك أو موصل إذا تحرك بالقرب من المغناطيس، ومن تجاربه التي تدل على هذا تجربة القرص المعروف باسمه، وهي تجربة مشهورة تتلخص في أنه إذا أدير قرص من النحاس بين قطبي مغناطيس كهربائي قوي ووصل بين محور دورانه وحافته بموصل أو سلك مر فيه

تيار كهربائي في أثناء دوران القرص.

ومن الغريب أن هذه الكشوف قد تتالت في فترة وجيزة وتمت في أقل من أسبوعين، وهي من معالم الكشوف في تاريخ التقدم العلمي إذ كانت فاتحة دور جديد من أدوار علم الكهربائية، وكانت آثارها في العمران ما نرى الآن من تطبيقات الكهربائية في شؤون الحياة.

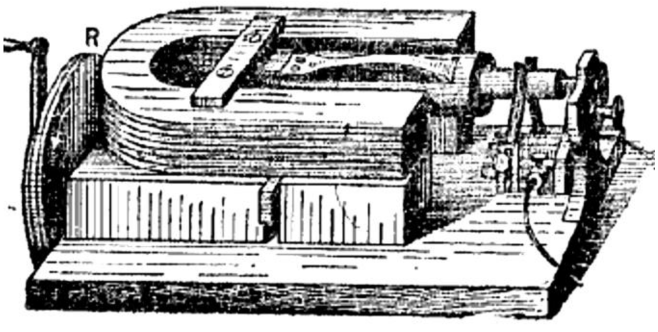
الدينامو وهو أساس علم الهندسة الكهربائية

وأصبحت المدن تغذي بالتيارات الكهربائية التأثيرية لكي تستخدمها في أعمال الإضاءة والمحركات وقطر الترام، وفي كهربة السكك الحديدية بوجه عام. وأنشئت لذلك مصانع لتوليد الكهربائية وتلك المصانع هي المحطات المركزية التي تغذي المدن بالتيار. وإذا نحن مررنا بإحدى هذه المحطات فإننا نجد فيها آلات بخارية أو آلات بترولية مهمتها إدارة آلات أخرى لتوليد التيار الكهربائي وتسمى كل آلة من هذه الآلات المولدة للتيار الكهربائي "دينامو" ويتألف الدينامو من شيئين: أحدهما المغناطيس الكبير الذي يولد المجال المغناطيسي القوي، والثاني مجموعة ملفات من السلك تتحرك خلال المجال المغناطيسي بوساطة الآلات البخارية أو البترولية السابقة الذكر. وكل ملف يصير عند دخوله المجال المغناطيسي أو خروجه منه محملاً بتيار تأثيري وقتي لأنه إذا تحرك ملف في مجال مغناطيسي حدث نفس الأثر الذي يحدثه تقريب المغناطيس من الملف أو إبعاده عنه، أو نفس الأثر الذي يحدثه إطلاق التيار في ملف مجاور ثم قطعه كما مر بنا.

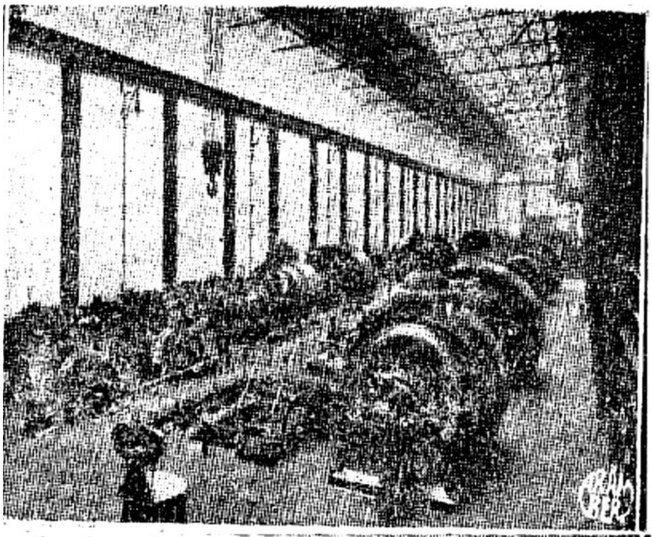


(شكل ٨٧) مولد الدينامو

وبدأ كبار المخترعين يعملون منذ عهد فرداي لإدخال ما يستطيعون من تحسين على الدينامو. فبعضهم اتجه صوب جمع التيارات التأثيرية الوقتية كلها لكي تكون تياراً واحداً يسير باطراد في اتجاه واحد، واتجه البعض إلى ابتكار طرق ووسائل لزيادة قوة المجال المغناطيسي أو سرعة الآلات، وأصبحنا اليوم ولدينا صناعة يشتغل فيها ملايين العمال، وكل هذا لأن رجلاً عمل في صمت وسكون ومثابرة في معمله، يلاحظ كل شيء ولا يهمل شيئاً، ويستخلص لباب الحقائق المدهشة من صغار الأشياء وتافهات الأمور، وعلى هذا الأساس نشأ علم الهندسة الكهربائية.



(شكل ٨٨) دينامو بسيط



(شكل ٨٩) مصنع توليد الكهربائية وبه ترى ديناموات في محطة للإضاءة

"ولبث فرداي عشر سنوات بعد أن وفق إلى كشف التيارات التأثيرية وهو لا يكاد يفرغ من بحث أو كشف إلا ليهتدي إلى آخر. ومن بحوثه في هذه الفترة تلك التي بين بها أهمية الوسط في الظواهر المغناطيسية والظواهر الكهربائية. فالمباحث التي حدثت في القوى الواقعة بين التيارات الكهربائية أو بالأحرى بين الموصلات التي تحمل التيارات أفضت، أو ساعدت في مجموعها إلى الإفضاء، إلى دخول النظرية المعروفة بنظرية "التأثير عن بعد" في علم الكهربائية والمغناطيسية، لأن تلك المباحث لم تكن تعنى بالوسط الذي يحدث خلاله التأثير.

"ولكن فرداي أجرى سنة ١٨٣١ تجارب بين بها أن برادة الحديد إذا انتثرت على قطعة من الورق المقوى من تحتها مغناطيس رتبت البرادة ترتيباً خاصاً تتكون منه هيئة من الخطوط المنحنية التي تعرف بخطوط القوة المغناطيسية. وأخذ يصور هذه الخطوط بنثر البرادة على قطعة من الورق المقوى

المطلي سطحه بطبقة رقيقة من الصمغ، حتى إذا انتظمت البرادة واستبانت الخطوط صوب إلى سطح الورقة تياراً ضعيفاً من البخار، فيذوب الصمغ، وتلتصق البرادة على سطح الورقة، ويحصل على صورة ثابتة لتلك الخطوط.

"وصور بهذه الكيفية خطوط القوة المغناطيسية في حالات كثيرة مختلفة، وذهب إلى أن المغناطيس ليس قضيباً من الصلب فحسب، بل هو فرق ذلك مجتمع ومصدر لخطوط قوة، وأن خطوط القوة هذه ذات وجود طبيعي، وتمثل الحالة التي يكون عليها الوسط أو المكان المحيط بالمغناطيس، وهو الذي يسمى المجال المغناطيسي، وأنها الأصل في مظاهر التجاذب والتنافر بين الأقطاب المغناطيسية.

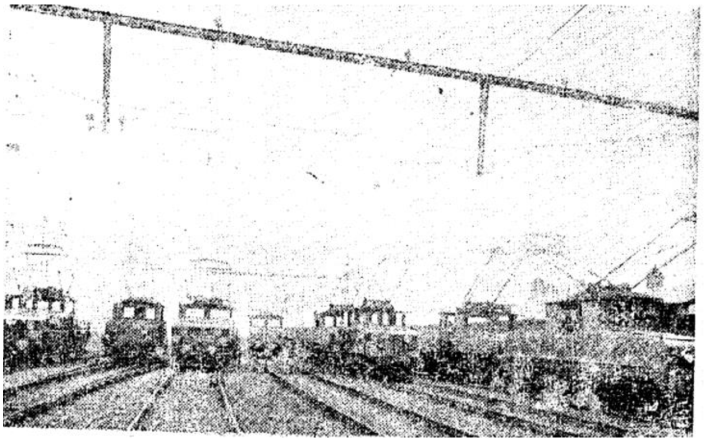
"ورأى فرداي قياساً على ذلك أن الموصلات المتكهربة أيضاً تتصل بها خطوط قوة كهربائية، وبين بالتجارب أن نوعي الكهربائية يحدثان معاً بالدلك أو بالتأثير، ويكون مقدار ما يحدث من أحد النوعين مساوياً لمقدار ما يحدث من النوع الآخر، فلا بدع إذن أن يعتبر كل مقدار من أحد نوعي الكهربائية متصلاً بمقدار يساويه من النوع الآخر بخط أو أكثر من الخطوط الكهربائية، وتكون هذه الخطوط أيضاً هي الأصل في مظاهر التجاذب والتنافر بين الشحنات الكهربائية...

"وطبق فرداي رأيه في خطوط القوة الكهربائية أيضاً وبين بسلسلة تجارب منتظمة أن القوة الدافعة التأثيرية، وهي التي تنشأ عنها التيارات التأثيرية التي كشفها، تحدث كلما قطع الموصل خطوطاً من خطوط القوة المغناطيسية، أو كلما تغيرت خطوط القوة التي تخترق دائرة هذا الموصل، ووضع بهذه الكيفية القانون العام الذي تحدث بمقتضاه التيارات التأثيرية.

"وقامت على أساس مباحث فرداي في خطوط القوة وأهمية الوسط في التأثيرات الكهربائية والمغناطيسية النظرية التي تنفي التأثير عن بعد، والتي تقرر أن ظواهر الكهربائية والمغناطيسية إن هي إلا المظاهر السطحية لما يحدث في

الوسط من التأثير أو الانفعال. وقد كانت هذه النظرية مثمرة، وأدت إلى كشوف ومعلومات ازداد بها العلم اتساعاً وتقدماً".

ومن الغريب أن العلامة اينشتاين في نظرية النسبية التي وضعها قد دحض بدوره نظرية "التأثير عن بعد" هذه عندما هاجم رأي نيوتن في الجاذبية.



(شكل ٩٠) إحدى نتائج كشوف فرداي

علم الكيمياء الكهربائية

وبحث فرداي في الصلة بين الكيمياء والكهربائية، وأوجد علماً جديداً هو "علم الكيمياء الكهربائية"، فقد نشر فرداي سنتي ١٨٣٣، ١٨٣٤ بحوثاً خطيرة في التحليل الكهربائي، وكانت هذه البحوث تدور حول علاقة التيار بمقدار ما يتحلل من المادة أثناء مروره فيها واستنبط منها قانونين معروفين باسمه، وهما الخاصان بالتحليل الكهربائي. وأولهما أن كتلة المادة المتحللة تتناسب وكمية الكهربائية التي تسير في محلولها. وثانيهما أن كتلة المادة التي تتراكم أو تتصاعد عند كل قطب تتناسب والوزن المكافئ لها أي الوزن الذي يحل محل جرام واحد من الأيدروجين في الحوامض. وقد صاغ فرداي بمناسبة هذه البحوث أكثر المصطلحات المستعملة في التحليل الكهربائي مثل "الأنود" أي

المصعد للقطب الموجب و"الكاثود" أي المهبط للقطب السالب و"الأيون" لكل جزء من الأجزاء التي تحدث في السوائل عند تفكك الجزيء، وغير ذلك من المصطلحات التي ذاع استعمالها من بعده. وله عدا ذلك بحوث أخرى خطيرة أجراها ليعزز نظريته في أن التيار الكهربائي الذي يستمد من الأعمدة الفولتية منشؤه التفاعل الكيميائي الذي يحدث فيها. وقد أدت بحوثه الكيميائية الكهربائية إلى العثور على وحدة للكهربائية غير قابلة للتجزؤ، وسميت "ذرة الكهربائية" أو جوهرها الفرد قياساً على "ذرة المادة" أو جوهرها الفرد، ثم عرفت "بالإلكترون" وكان لها شأن عظيم في الفيزيقا الحديثة.

تأثير المغناطيسية في الضوء

وأجرى فرداي عدا ما ذكرنا بحوثاً أخرى في الاستدلال على أن الكهربائية وإن تنوعت مصادرها وتعددت فإن تأثيراتها متشابهة وحقيقتها واحدة، وقد أجرى كل ذلك في السنوات العشر من سنة ١٨٣١ إلى سنة ١٨٤١. وتمثل هذه السنوات العشر دوراً من أدوار الكشوف التي يندر أن يوفق إلى مثلها شخص فرد، وأعقبتها فترة سكون نسبي في تاريخ هذا العبقري الحافلة حياته بأمجد الأعمال العلمية الخالدة. ولكن فترة السكون هذه لم تدم طويلاً إذ دخل ميدان العمل مرة أخرى سنة ١٨٤٥، وأضاف إلى كشوفه كشوفاً جديدة لا تقل خطورة أو شأناً عما استطاعه من قبل؛ فبحث في تأثير المغناطيسية في الضوء، ووجد أن المغناطيس القوي يستطيع أن يثني حزمة الضوء أثناء مرورها في مواد خاصة مثل كبريتور الكربون. ولم يكد فرداي يكشف هذه الظاهرة حتى قتلها بحثاً وأثبت حدوثها في بعض الأجسام الشفافة، ولا سيما ما كان معامل انكساره الضوئي كبيراً، وكذلك في بعض السوائل. وأرسل رسالة عنها إلى الجمعية الملكية في نوفمبر سنة ١٨٤٥.

أجسام مغناطيسية غير الحديد والنيكل

لم يكد فرداي ينتهي من كشفه السابق حتى وفق إلى كشف آخر وأرسل رسالة عنه إلى الجمعية الملكية بلندن في ديسمبر من السنة نفسها. ولم يأت هذا الكشف عفواً أو اعتباطاً إذ كان له رأي في المغناطيسية لم يوفق بادئ الأمر لإثباته، وهو أن تأثير المغناطيسية غير محتمل أن يكون مقصوراً على الحديد والنيكل من بين الأجسام كلها، وظن أن عدم تمغطس الأجسام الأخرى قد يكون ناشئاً عن تأثير الحرارة فيها، وقديماً كان معروفاً أن الحرارة تبطل مغناطيسية المغناطيس نفسه. "فتدرج من مثل هذه الآراء إلى الظن بأن الأجسام التي لا يمكن تمغطسها في درجات الحرارة المعتادة قد يتيسر تمغطسها في درجات الحرارة المنخفضة، وأجرى على أساس هذه الفكرة سنة ١٨٣٦ تجارب برَّد فيها بعض المعادن إلى درجة خمسين تحت الصفر المئوي، ثم أعاد البحث سنة ١٨٣٩ وبردها إلى درجة ثمانين تحت الصفر، وفي كلتا الحالتين لم يتحقق ظنه. ولكنه لما حصل في سنة ١٨٤٥ على مغناطيس كهربائي قوي أعاد الكرة فاستطاع بواسطته أن يبين أن الكوبلت أيضاً قابل للتمغطس مثل الحديد والنيكل. وفي ٤ نوفمبر من سنة ١٨٤٥ علق بين قطبي المغناطيس الكهربائي القوي قضيباً غليظاً من الزجاج بخيط من الحرير فإذا ما استقر القضيب في وضع معين مرر التيار الكهربائي في ملفات المغناطيس الكهربائي، فشاهد له تأثيراً توجيهاً في القضيب الزجاجي. غير أن القضيب الزجاجي يُطرد عن قطبي المغناطيس بدلاً من أن ينجذب إليهما كما ينجذب القضيب من الحديد مثلاً، فتتبع فرداي كعادته في كشوفه الأخرى دراسة هذا الموضوع. وأرسل في ٦ ديسمبر رسالة إلى الجمعية الملكية ثم تلتها رسالة أخرى في ٢٤ سنة، وأثبت ببحوثه هذه التي ختم بها رسالته سنة ١٨٤٥ أن كثيراً من الأجسام الصلبة

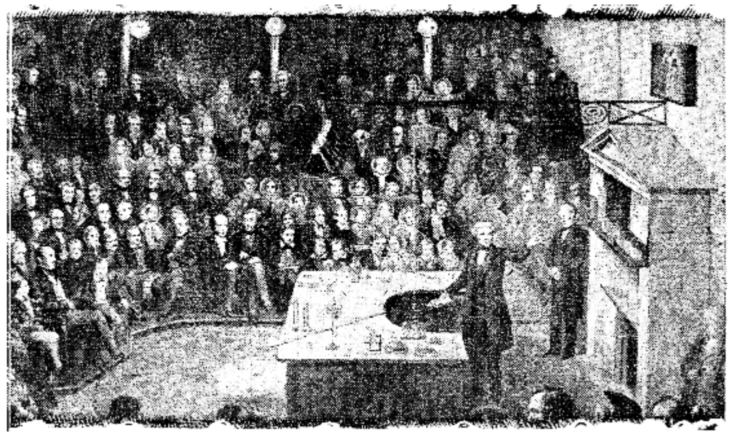
والسائلة إما أن ينجذب إلى قطبي المغناطيس كما ينجذب الحديد وإما أن يطرد عنهما كالزجاج متى كان المغناطيس الذي يؤثر فيها قوياً. وسمى بهذه المناسبة الأجسام التي من الفريق الأول الأجسام البارامغناطيسية، ونسميها ذات المغناطيسية المعتادة أو الطولية؛ وسمى الأجسام التي من الفريق الثاني الاجسام الدايامغناطيسية، ونسميها ذات المغناطيسية غير المعتادة أو القطرية".

خاتمته

تلك هي أعمال الرجل الذي لم يتخرج في جامعة، وتلك هي كشوفه التي أدت إلى ظهور علمين جديدين هما "الهندسة الكهربائية" و"الكيمياء الكهربائية". وكان يوم سروره هو اليوم الذي يعثر فيه على جديد يفيد العلم والعالم، يقدمه للناس في غير فخر ولا استكبار. وكان مرحاً بشوشاً، ويروى عنه أنه قال عن نفسه "لقد خلقني الله رجلاً مرحاً سريع التخيل، أصدق بما في كتاب ألف ليلة وليلة كما أصدق بما في دائرة المعارف. ولكن الحقائق الواقعية كانت لي كل شيء، وهي التي أنقذتني وهذبتني. وقد أثق بالأمر الواقع ولكن لا بد لي من توكيده".

هذا هو الرجل العاطل من الإجازات والشهادات، البعيد عن كل تنابذ بالألقاب. هو الرجل الذي فضل أن يظل كما هو ميخائيل فرداي دون لقب على الرغم من اللقب الذي قدم له لينخرط في سلك الأشراف. وقد أبى إلا أن يبقى فقيراً لأن الغنى في رأيه يحرمه من الاستمتاع بالوقت الذي خصصه للعلم، عاملاً بنصيحة ديفي الذي قال له ليس معنى العلم الحصول على ثروة من ورائه. وأغرم بإلقاء المحاضرات العامة في عطلة عيد الميلاد، وظل يلقيها تسعة عشر عاماً، حتى لقد صارت سنة تحتذي من بعده إلى أيامنا حيث صار فطاحل العلماء من أمثال براج وغيره يلقون المحاضرات في المعهد الملكي كل عيد ميلاد. وأصيب في أواخر حياته بفقدان الذاكرة، وكان يستعين على ذلك بأن يضع في

أحد جيوبه مجموعات من البطاقات لكي يدون فيها كل ما يريد أن يذكره. وقد حفظت إحدى هذه البطاقات، وكان مكتوباً عليها هذه الجملة: "فلا ذكر أن أعمل الشيء على الفور ولأذكر كذلك كيف أتمه، وأن أعمل قليلاً في حالة ما إذا لم أستطع أن أعمل كثيراً". ومنحته الملكة فكتوريا قصراً في همبتون قضى فيه بقية أيام حياته، وظلت حجراته تحت أمره يقصدها أنى شاء. وحضرت الملكة وولي عهدها بعض محاضرات فرداي العامة. نعم كانت ملكة إنجلترا وولي عهدها يستمعان لمحاضرة فرداي الرجل العاطل من الإجازات والشهادات. وكان الرجل في حياته متواضعاً، وأراد أيضاً أن يكون في مماته متواضعاً. فقد أوصى أن تكون جنازته أبسط ما يكون، وأن يتم دفن جثمانه في غير ما ضجة ولا جلبة. وما كاد نعشه يوضع في قبره حتى ظهر أصدقاؤه المشتغلون مثله بالعلوم وكانوا متوارين تلبية لوصيته وشاركوا أسرته في فجيعتها في موت النابغة العصامي في علمه وفي نبوغه. وهل يعرف الفضل إلا ذووه؟



(شكل ٩١) قاعة محاضرات ويرى فرداي فيها يلقى إحدى محاضراته العامة على جمهور من علية القوم

الفصل السابع عشر

التخاطب اللاسلكي

هو من أمهات الموضوعات الفيزيقية الواسعة التطبيق، وسأتناول فيه الجانبين التاريخي والنظري، مبتدئاً بالتلغراف اللاسلكي، منتقلاً بعد ذلك إلى التلفون اللاسلكي أو الراديو. وأخال أن خير ما يبدأ به الكاتب في اللاسلكي كتابته هو "الأثير" الذي نراه قد تغلغل في كثير من البحوث لتعليل كثير من الظواهر التي عجز العلماء عن تعليلها وتوضيح ما بينها من العلاقات، وإن يكن العلامة أينشتاين ومؤيدوه من العلماء ينكرون هذا الأثير ويقولون عنه إنه محض خيال صاغه أولئك العلميون الذين أعوزهم التفسير الصحيح لما يرون من ظواهر. ويقول أينشتاين عن هذا الأثير إنه ظاهرة كهرطيسية أي كهربائية مغناطيسية. وكذلك يقول شتينمتز ويدعو العلماء إلى رفض نظرية الأثير، استناداً إلى نظرية أينشتاين في النسبية، وهي تلك النظرية التي تقول بنسبية الحركة والمكان والزمان، على أن الكشوف الروحية الحديثة أثبتت كما قلنا إنه موجود وإنه أصل المادة. وسواء صدق هؤلاء أو أولئك فما هو ذلك الأثير المزعوم؟

الأثير

أول ما يقال بصدده هو أن وجوده مفترض كوجود الذرة والجزيء. وليس هناك من يقول إنه رآه أو أدركه بوسيلة من وسائل الإدراك الحسي. وكل ما برر افتراض وجوده أن العلماء عللوا به كثيراً من الظواهر التي تقع، وأنهم استطاعوا به أن يصوغوا نظريات أمكن إثبات صحتها العلمية عملياً. وكل ما يقوله العلميون الآن بصدده هو أن كل شيء نراه أو نلمسه، حتى ذلك الفضاء

الخلاء الشاسع، يخترقه شيء غاية في اللطافة يستقر بين ذرات المادة ويتخللها ويملأ رحاب الكون. وهذا الشيء هو الأثير. وقد دللوا على ذلك بما يأتي:

ظاهر أنه لا بد لكل معلول من علة ولكل نتيجة من سبب. فإذا أنت وضعت ساعة في ناقوس زجاجي رأيتها وسمعت دقاتها، وإذا أنت فرغت هواء الناقوس تخافت صوت الدقات حتى انعدم. فما هو ذلك الشيء الذي انعدم من الزجاج وكان من قبل موجوداً فيه؟ إنه الهواء. فالمنطق يقضي إذن أن نقول إن الهواء هو الوسيلة التي بها سمعنا دقات الساعة، فإذا انعدم الهواء انعدم الصوت. ولكنك تظل ترى الساعة الموضوعة في الناقوس، بل إنك إذا وضعت شمعة موقدة وراءه لم تحتجب لا هي ولا لهبها، وعلى ذلك فانعدام الهواء لا يؤثر في الضوء. ولكن هل نستطيع أن نصدق أن هناك فجوة بيننا وبين الشمعة وضوئها؟ كلا. والأسهل كثيراً أن نقول بأن الناقوس الزجاجي مملوء كالجو الخارجي بشيء ما يصل ما بين الشمعة والعين فتحس بالضوء. فهذا الشيء هو الأثير المزعوم، وهو الذي يقوم بتوصيل ضوء الشمس إلينا على بعدها عنا، بل هو الذي يوصل إلينا ضوء النجوم والسدم الممنعة في بعدها عنا أكثر من بعد الشمس ملايين المرات. وهو الذي يوصل إلينا حرارة الشمس أيضاً. وهل نستطيع أن نعلل وصول الحرارة والضوء إلينا من الشمس عبر هذا الفضاء الخلاء الشاسع إلا إذا فرضنا أن ثمت شيئاً غير مدرك يملؤه، هو الأثير؟

وتصل إلينا حرارة النار التي نوقدها بعيداً عنا بهذه الوسيلة أيضاً. احجب ما بينك وبين نار موقدة بحائل ما، ثم أزحه بسرعة، تحس على الفور بالحرارة تسطع عليك وتلطمك. وثق أن الذي يحملها إليك ليس هو تيار الهواء الساخن لأن هذا يرتفع إلى أعلى فلا ينتشر جانبياً، ولا ترى عيناك وسطاً آخر يوصلها إليك. وعدا هذا فهذه الحرارة السريعة الانتقال تسير في خطوط مستقيمة،

وأنت تستطيع أن تحجبها عنك كما تستطيع أن تحجب الضوء عنك، فهي في الواقع تسلك مسلك الضوء، ولذلك فنحن مرغمون على القول بأنها تنتشر كما ينتشر الضوء خلال الأثير أي بالإشعاع.

والحرارة التي تنتقل بهذا الشكل يقال لها حرارة متشععة، وسنرى بعد أن هناك أيضاً من الكهربائية ما يصح أن نسميها كهربائية متشععة، أي كهربائية لا تصل إلينا عن طريق الأسلاك والموصلات، بل تسطع خلال الأثير كما يسطع الضوء وكما تسطع الحرارة المتشععة.

الموجات لكهرطيسية

ويرجع الفضل في ذلك إلى العالم كلارك مكسويل، فهو أول من قال إن بالأثير عدا الموجات الضوئية والحرارية المتباينة في الطول موجات كهربائية مغناطيسية (كهرطيسية) تختلف عنها أيضاً في الطول. وكما أن الفلكي الشهير أدمز استكشف السيار نبتون بطريق الحساب قبل أن يراه أحد، كذلك استكشف كلارك مكسويل من الحساب على الورق تلك الموجات الكهرطيسية التي تحمل رسائلنا اللاسلكية في الوقت الحاضر، قبل أن تكون لدينا وسيلة ما لإدراكها.

ومكسويل هذا من أشهر علماء الفيزيقا الإنجليز ابتدأ مباحثه العلمية وهو في الخامسة عشر، ولم يتعد الثلاثين حولا حتى تبوأ مكاناً ممتازاً في مقدمة العلماء المعدودين.



(شكل ٩٢) جيمس كلارك مكسويل

ودفعت نظرية مكسويل المشتغلين بالعلوم إلى العمل لإيجاد وسيلة لإحداث هذه الموجات الكهرطيسية، ثم إدراك وجودها أو التقاطها بعد إحداثها. وكان هرتز العالم الألماني المشهور من بين أولئك المشتغلين، وكان قد عين سنة ١٨٨٠ مساعدا للعلامة هلمهولتز الألماني أستاذ الفيزيقا في جامعة برلين. ولبث معه ثلاث سنوات نال من جراء ما قام فيها من البحوث إعجابه وحسن تقديره. وكان في هذه الفترة أن اقترح عليه هلمهولتز أن يقوم بإجراء بحوث عملية غايتها بيان الفكرة الأساسية في نظرية مكسويل، ولكنه لم يهتد حينئذ إلى سبيل يسلكها إلى تلك الغاية، فأرجأ هذا الموضوع. ولما عين سنة ١٨٨٥ أستاذاً للفيزيقا في مدرسة "الفنون والعلوم" في كارلزروه عاد إليه، وهناك بدأ سلسلة بحوثه الخالدة التي عززت كثيراً نظرية مكسويل، واكتسب هو من ورائها شهرته العلمية الواسعة.

فالضوء ينتقل دائماً في الأثير على شكل موجات، أما الحرارة والكهربائية فإنهما تنتقلان فيه أحياناً على شكل موجات أيضاً. وهذه الموجات جميعها تسير بسرعة ١٨٦٠٠٠ ميل (حوالي ثلاثمائة ألف كيلو متر) في الثانية وهي متشابهة من عدة وجوه ولا تتباين إلا في أطوالها الموجبة، أي في المسافة الواقعة بين قمتي موجتين متتاليتين. فتلك التي طولها جزء من أربعة وثلاثين ألف جزء من البوصة هي موجة الضوء الأحمر، وتلك التي طولها نصف هذا القدر تقريباً هي موجة الضوء البنفسجي، وتلك التي طولها بضعة أجزاء من ألف جزء من البوصة هي موجة الحرارة المتشععة، أما تلك التي يتراوح طولها بين ربع بوصة وبضعة أميال فهي الموجة الكهرطيسية، وهي التي تنقل الوسائل اللاسلكية.



(شكل ٩٣) هنريك رودولف هرتز

وقد دلت التجارب على أن هذه الموجات جميعها من النوع المستعرض، أي التي تتحرك في اتجاه عمودي على اتجاه سير الموجة، لا من النوع الطولي أي التي تتحرك جيئة وذهاباً في اتجاه سير الموجة. ويمكن توضيح الموجات المستعرضة بملاءة (مفرش) موضوعة فوق لضد. فإن أنت أمسكت بأحد أركانها

الأربعة ثم هززته إلى أعلى وإلى أسفل تكونت فيها تموجات من أولها إلى آخرها. فالملاءة لا تنتقل كما تنتقل التموجات، وإنما تتكون التموجات من تحرك أجزاء الملاءة الدقيقة على التوالي إلى أعلى ثم إلى أسفل. وعلى ذلك فالأثير لا يتحرك في اتجاه سير الموجة، ولكنه ينفعل فتتحرك أجزاؤه الدقيقة المكونة له على التوالي إلى أعلى ثم إلى أسفل أو جانبياً في اتجاه عمودي على اتجاه سير الموجة. وتسير الموجات قادمة إلينا أو ذاهبة عنا على حين يبقى الأثير نفسه ثابتاً في مجموعه.

وهنا لا بد من لفت النظر إلى أن هذه الموجات هي المسببة للضوء والحرارة والقوة الكهرطيسية، وليست هي هذه الأشياء نفسها. فالموجات الضوئية تسبب الضوء، والموجات الحرارية (أو الحرارة المتشععة) تسبب الحرارة، والموجات الكهرطيسية (الكهربائية المغناطيسية المتشععة) تسبب التيارات الكهربائية. وهذه التفرقة بين السبب والنتيجة تساعدنا كثيراً على تجنب الخطأ. وللموجات قوى نفاذة مختلفة، فمثلاً تخترق موجات الضوء الزجاج النقي الصافي، على حين أن هذا الزجاج يصد بعض الموجات الحرارية، أما السطوح السوداء فتمتص هذه الموجات فتتحول الموجات إلى حرارة عادية، في حين أن السطح الأبيض يعكسها أي يردها مقصياً إياها بعيداً عنه.

وكما أن السطح الأسود يمتص الموجات الحرارية ويحيلها حرارة نحس بها، كذلك يمتص الموصل الكهربائي (السلك المعدني مثلاً) الموجات الكهرطيسية ويحيلها تيارات كهربائية عادية، وفي الوقت ذاته تسمح الأجسام غير الموصلة من أمثال الزجاج والطوب لهذه الموجات باختراقها والمرور فيها.

التلغراف اللاسلكي

وبدهي أن أولى صيغ التلغراف اللاسلكي هو التلغراف الضوئي الذي

شرحناه في الفصل الثالث عشر، فيحرك شخص راية فوق ربوة، أو يوقد ناراً أو مصباحاً فوق تل عال. فالراية أو النار أو المصباح هي المرسل الذي اختاره لإثارة الأثير وتحويله إلى موجات تسير قدماً في خطوط مستقيمة بسرعة عظيمة إلى أن يلتقطها مستقبل، هو في هذه الحالة عين الشخص الذي يرقب الضوء من نقطة يستطيع فيها أن يراه.

وبعد ذلك ظهر التلغراف الكهربائي السلكي، وهو الذي يستعمل فيه سلكان لتكملة الدائرة الكهربائية، وفي سنة ١٨٣٨ أمكن أن يستعاض عن أحد السلكين بالأرض، ولم يقلل ذلك من مقدار التأثير في الأسلاك بل كان التأثير أقوى ضعفين، فكان هذا الاستغناء عن أجد السلكين الخطوة الأولى في سبيل اللاسلكي. وكانت الخطوة التالية بطبيعة الحال التخلص من السلك الثاني.

وقد حاول مورس ذلك فقد بعث بإشاراته سنة ١٨٤٢ عبر نهر سسكويهانا دون استعمال أسلاك، أي دون موصل يصل جهاز الإرسال بجهاز الاستقبال، وكل ما صنعه أن مد على كل من ضفتي النهر سلكاً يبلغ طوله ثلاثة أميال عرض النهر ووصل أحد السلكين ببطارية ومرسل، ووصل الآخر بمستقبل أو جلفانومتر. ثم وصل كلا منهما من الناحية الأخرى بلوح نحاسي كبير رُمى به في الماء. ورأى مورس أنه يشترط لإرسال الرسائل إلى مسافة معينة أن يكون لكل سلك طول خاص ملائم ولكل لوح نحاسي مساحة كبيرة معينة. وظاهر أن التيار يسري من أحد اللوحين إلى الآخر وإن يكن يتبدد منه جزء في الماء. وهنا يحسن أن نلفت النظر إلى أن المصطلح "تلغراف لاسلكي" المطلق على تلك الأجهزة الكهربائية مصطلح فيه بعض التضليل، لأنه ينفي استعمال الأسلاك في حين أن تلك الأجهزة مملوءة كلها بالأسلاك. ولكن المقصود

باللاسلكي ألا يتصل جهاز الإرسال بجهاز الاستقبال بأية أسلاك.

وفي تلك السنة عينها استطاع أسكتلندي من دندي يدعى جيمس بومان لندسي أن يرسل بنفس الطريقة إشارات عبر نهر تاي. وفي سبتمبر سنة ١٨٥٩ قرأ لندسي أمام أعضاء الجمعية البريطانية بدندي رسالة قال فيها إن تجاربه وحساباته قد دلته على أنه إذا مدت أسلاك طويلة على كل من شاطئ أمريكا وشاطئ بريطانيا، واستخدمت بطارية كبيرة، مساحة ألواحها ثلاثة آلاف قدم مربع، وملف وزنه ثلاثمائة رطل إنجليزي فإنه يستطيع أن يبعث برسالة من بريطانيا إلى أمريكا، ولكن الحاجة إلى المال أقعدت بالرجل عن أن يجري تجاربه على نطاق واسع يكسبه التأييد العام. ومات سنة ١٨٦٢ دون أن يبلغ مأربه.

وقد أمكن فعلاً إحداث التواصل عن طريق إرسال الإشارات الكهربائية خلال المادة بالتوصيل، أي عن طريق سريان التيارات الكهربائية في دائرة. أما عن الإرسال اللاسلكي، أي حينما يستعاض عن سلك واحد أو عن سلكين بالأثير، فلا يكون لدينا إلا اتباع طريق من اثنين: التأثير، والموجات الهرتزية.

فأما طريقة التأثير فنحن نعلم أنه متى أرسل تيار خلال سلك ظهرت في الأثير المحيط به آثار المغناطيسية ويصبح السلك وكأنما هو قلب للمجال المغناطيسي، وتمتد الموجات المغناطيسية في جميع الجهات إلى مسافة غير معينة، فإذا ما قابلت سلكاً موازياً للسلك المتكهرب أوجدت فيه بالتأثير تياراً مشابهاً للتيار الأول الذي أوجدها، فمتى ما وجدت الكهربائية وجدت المغناطيسية والعكس بالعكس. فالكهربائية تحدث مغناطيسية والمغناطيسية تحدث كهربائية، وهذا يظهر على أتمه في تلفون بل، وقد سبق لنا شرحه في الفصل الرابع عشر.

وقد أمكن استخدام هذا الكشف في صدد ما نحن فيه؛ ففي سنة ١٨٨٥ أقام سير وليم بريس بالقرب من نيوكاسل مربعين من الأسلاك المعزولة طول

أسلاك كل منهما ربع ميل، ووضعهما أفقيين ومتوازيين وعلى بعد ربع ميل. فلما أرسل في أحدهما تيارات كهربائية أمكنه أن يدرك في الآخر تيارات كهربائية باستخدام تلفون. وقد وجد أن التلفون قد تأثر لما بلغت المسافة بين المربعين ألف ياردة لا أربعمائة وأربعين. وبذلك أثبت سير وليم بريس عملياً أن الإشارات يمكن أن ترسل دون أي اتصال أرضي، أي خلال الأثير وحده. وفي سنة ١٨٨٦ استطاع أن يبعث بإشاراته إلى مسافة أربعة أميال ونصف ميل. وفي سنة ١٨٩٢ أوجد اتصالاً منظماً بين فلاتهولم، وهي جزيرة في بحر برستول، وبين لافرنوك التي تبعد ثلاثة أميال ونصف ميل عن شاطئ ويلز. وكان في الإمكان أن يطرد نجاح هذه الطريقة لولا أن ظهر لها منافس أقوى هو الموجات الهوتزية. وإليك التجربة التي استكشف بها هرتز هذه الموجات التي كانت سبباً في تقدم اللاسلكي.

تجربة هرتز

ففي سنة ١٨٨٧ استكشف هرتز أنه إذا فرغت زجاجة ليد (والتفريغ حدوث شرر كهربائي) خلال أسلاك بها فجوة هوائية هي التي يظهر الشرر عندها، فإن شرراً مثله يحدث عند فجوة أخرى مماثلة في دائرة تامة أو مربع من الأسلاك موضوع على مسافة ما من الزجاجة، وهذه العين الكهربائية أو الكاشف الكهربائي يمكن أن تنظم فجوتها عن طريق لولب، بحيث يكون شررها أكبر ما يمكن عندما تصل إلى اتساع مخصوص، وعندئذ يكون هذا الكاشف أو المستقبل مترنماً مع المثير أو المرسل، واستنتج هرتز الحقائق الثلاث الآتية:

أولاً– يحدث التفريغ الكهربائي موجات كهرطيسية قوية تنتشر في الأثير في جميع الجهات.

ثانياً– أن هذه الموجات يمكن اقتناصها أو التقاطها.

ثالثاً– أن التقاط هذه الموجات سهل جداً وإنما بتوافر شروط خاصة.

ومن هذه الكشوف أو النتائج الثلاث نشأ التلغراف اللاسلكي أولاً ثم التلفون اللاسلكي فالراديو ثانياً، فمركوني الإيطالي والأستاذ برانلي الباريسي، وسير أولفرلودج والدكتور فلمنج الإنجليزيان وإديسون الأمريكي وكثيرون غير هؤلاء قد عملوا في السنين الأخيرة كثيراً في تحسين سبيل الأجهزة المستعملة اليوم وطرق استعمالها حتى بلغ التواصل اللاسلكي ما بلغه من الازدهار في الوقت الحاضر.

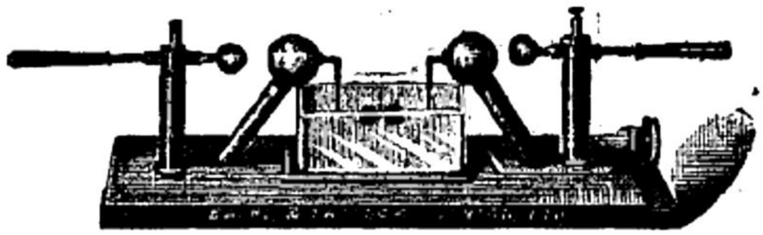


(شكل ٩٤) جوجليلمو مركوني

تلغراف مركوني

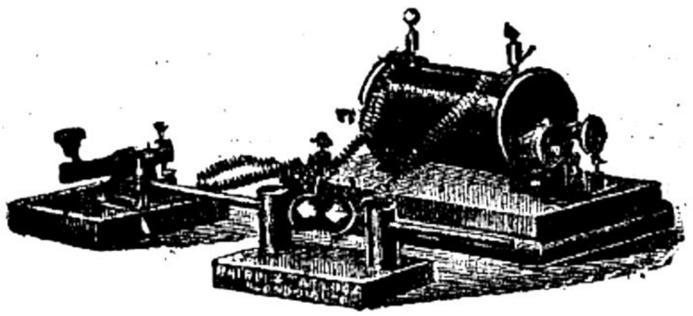
ويتألف مرسل مركوني الحالي من ثلاثة أجزاء رئيسية: بطارية وملف تأثيري ينتهي بكرتين نحاسيتين نفصل بينهما فجوة من الهواء، ومرسل من مرسلات مورس. ويتسلط على المرسل تيار من البطارية يمر خلال الملف، ويجمع

الكهربائية فوق كرتي النحاس حتى تصبح قادرة على أن تزحف أو تقفز من إحدى الكرتين إلى الأخرى ملايين المرات محدثة ما يسمى شرراً. وكلما اتسعت الفجوة الهوائية بين الكرتين احتيج إلى كهربائية أكثر قبل أن يحدث هذا الزحف أو القفز، وكبرت من ثم قوة الاهتزازات. وقد وجد مركوني أن التأثير يزداد زيادة عظيمة إذا ما وصل بإحدى الكرتين طيارة أو منطاداً صغيراً (من طيارات ومناطيد الأطفال) مغطيين بالقصدير، بوساطة سلك من الألومنيوم. ثم استعاض عن الطيارة أو المنطاد بموصل يوضع على سارية عالية يبلغ ارتفاعها مائتي أو ثلاثمائة قدم. وهذا هو المرسل فما هو المستقبل؟



(شكل ٩٥) محدث الاهتزازات الكهربائية أو الموجات الهرتزية

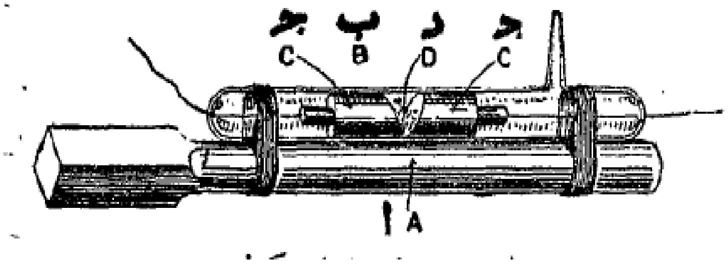
في سنة ١٨٧٩ لاحظ الأستاذ هيوز أن الميكروفون المتصل بالتلفون يحدث في هذا التلفون أصواتاً حتى لو كان الميكروفون على بعد بضعة أقدام من الملف الذي يسري فيه التيار، وقد وصفنا الميكروفون عند الكلام على التلفون، وقد وجد هيوز أن الميكروفون المعدني تلتصق أجزاؤه إذا ما أثرت فيه موجة، أما الميكروفون الكربوني فإنه يستعيد بسرعة حالته الأولى عندما ينعدم أثر الموجة.



(شكل ٩٦) مرسل مركوني التلغرافي اللاسلكي

وفي سنة ١٨٩١ صنع الأستاذ برانلي الباريسي جهازاً سماه "رابطاً"، وما هو في الحقيقة إلا ميكروفون، وبعد ذلك بخمس سنين صنع مركوني رابطاً جديداً من اختراعه ويتألف من أنبوبة زجاجية صغيرة يبلغ طولها نحو بوصتين ويبلغ قطرها الداخلي عشر بوصة. وثبت عند كل من طرفيها سلك صغير ينتهي بسداد فضي محكم. وبين هذين السدادين تركت مسافة يبلغ طولها جزءًا من اثنين وثلاثين جزءًا من البوصة، وقد ملئت هذه المسافة ببرادة من النيكل والفضة بنسبة ٩٦ من الأولى إلى ٤ من الثانية، ومع هذه البرادة أثر ضئيل من الزئبق. والأنبوبة مفرغة من الهواء قبل غلقها، ويكاد تفريغها يكون تاماً. فهذه الفجوة المملوءة بالبرادة لا توصل الكهربائية إلا إذا صدمتها موجة كهرطيسية، لأن الحبيبات عندئذ تتضاغط بعد تفرق وتسمح للتيار بالمرور. فإذا ما سرت في الأثير موجة هرتزية ثم لطمت هذا الجهاز، فإن الحبيبات تتضاغط على الفور مكونة شبه جسر يعبره التيار. ويدخل الرابط في دائرة المستقبل التي تتألف منه ومن بطارية ومن مستقبل مورس التلغرافي. وإذا ما هز الرابط أو لطم بمطرقة صغيرة لطماً خفيفاً فقد خاصية التوصيل إذ تتفرق حبيباته، ويصبح معداً لاستقبال موجة أخرى. وفي رابط مركوني توجد مطرقة صغيرة تطرقه باستمرار على فترات قصيرة جداً لكي تعيده إلى حالته الاولى، حالة تباعد الحبيبات

فيصبح معداً دائماً لتلقي أية موجة ترسلها محطة الإرسال.



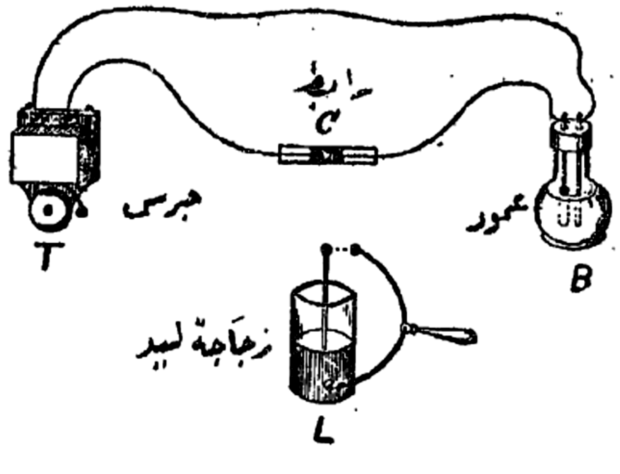
(شكل ٩٧) رابط مركوني

وفيه ساق من العظم أ تحمل فوقها أنبوبة زجاجية ب، وقد سد طرفاها بسدادين جـ، جـ من الفضة، ووضع في الفجوة د برادة من النيكل والفضة

فالذي يحدث هنا هو أن التيارات المهتزة في محطة الإرسال تبعث موجات كهرطيسية فلما تلطم هذه الموجات جهاز الاستقبال تولد فيه تيارات تشبه تلك التي أرسلت الموجات وإنما أضعف منها قوة، ووظيفة الرابط هنا أن يدرك هذه التيارات الضعيفة جداً. ونحن نعرف أن الموجات تسير بسرعة ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية، وعلى ذلك فلكي تحدث موجات طولها ١٠٠٠ قدم مثلاً تحتم على محطة الإرسال أن ترسل حوالي مليون موجة كهرطيسية كل ثانية. أي أن يكون تذبذب التيار مليون مرة تقريباً في الثانية. والمستقبل الحديث نوع من ذلك الرابط دخله كثير من التحوير والتحسين مع بقاء الأساس واحداً في الاثنين، وتدرك الإشارات عن طريق سماع صوت الطرقات في مستقبل تلفوني.

ولسنا هنا بصدد ما أدخل مركوني من التحسينات وشرحها تفصيلاً، ولكننا نكتفي بأن نقول إنه تغلب بالتدريج على عقبة طول المسافة بين محطتي الإرسال والاستقبال؛ ففي سنة ١٨٩٦ ذهب إلى إنجلترا، وهناك في تلك السنة أرسل إشارته الأولى من حجرة في إدارة البريد في الدول الأول إلى حجرة أخرى

في الدور الثاني تبعد عن الأولى مائة ياردة. ثم نجح بعد ذلك في إرسال رسالة بين محطتين في سهل سالسبوري تبتعدان عن بعضهما ميلين. وفي مايو سنة ١٨٩٧ طالت المسافة إلى ثلاثة أميال وثلث ميل. وقد حدث ذلك في ظرف دقيق، لأن سير وليم بريس كان قد تخطى الفجوة بطريقته التأثيرية كما مر بنا، وظل مركوني ثلاثة أيام يعمل في سبيل توسيع المسافة وهو يخفق حتى سرى الظن بأن طريقة بريس أجدى من طريقته. ولكن لما نقل مركوني جهاز الإرسال إلى أسفل الصخرة التي كان قد أقامه عليها ثم وصله بسلك إلى سارية أقامها على أعلى الصخرة نجح أيما نجاح، لأنه بذلك أطال السلك الذي يرسل الموجات. وبذلك تدرجت المسافة بين محطتي الإرسال والاستقبال من بضعة أميال إلى ألوف الأميال، وأمكن حدوث التواصل اللاسلكي بين إنجلترا وأمريكا، وكان ذلك في اليوم التاسع عشر من ديسمبر سنة ١٩٠١.



(شكل ٩٨) أساس اللاسلكي

عند تفريغ زجاجة ليد تتولد شرارة، فتنتشر موجة هرتزية يلتقطها الرابط وتقرب حبيباته فتجعل منها موصلاً متواصلاً، فيسري تيار من العمود الكهربائي ويسمع دق الجرس

إدخال تحسينات جوهرية في التلغراف اللاسلكي

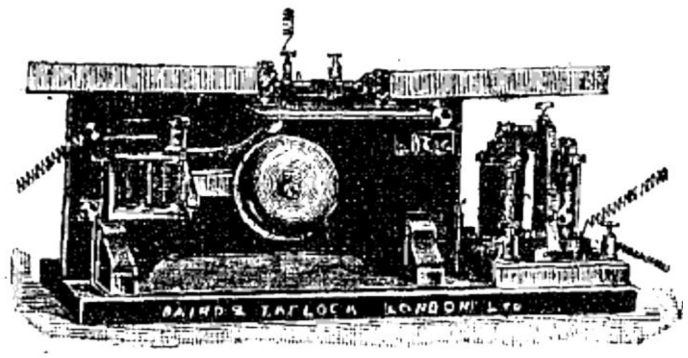
ولما نجحت وسائل التخاطب اللاسلكي عبر الأطلنطي في نهاية سنة ١٩٠١ ظهر من قام يقلل من شأن الاختراع. وهاجم النقاد مسألتين:

قالوا أولاً إن الإرسال بطيء وأن البطء نقص عظيم، ولكن مركوني رد عليهم بقوله إنه قد مضى زمن كانوا يعتبرون فيه إرسال كلمة واحدة كل دقيقة عبر الأطلنطي عن طريق التلغراف البحري نصراً عظيماً، في حين أنه يمكن باختراعه أن يرسل عشرين كلمة في الدقيقة لمسافات أطول، وأن السرعة المبتغاة في الإرسال لا بد مدركة في الزمن.

وقالوا ثانياً إن الاحتفاظ بسرية الرسائل أصبح غير ممكن، وهذا عدا ما يحدث من اختلاط الرسائل حين تخترق الأثير جملة موجات كهرطيسية.

وكان مركوني خلال تجاربه قد وقف على هذه العيوب وبحث عن وسائل تلافيها، وذلك بجعله المستقبل قابلاً للتأثر بموجات خاصة يحدثها مرسل خاص، حتى إذا أرسلت رسائل مختلفة من مرسلات مختلفة في وقت واحد التقط المستقبل الإشارات الخاصة به دون سواها، فلا يحدث من ثم اختلاط في الإشارات يحول دون فهم معناها. وحقق إلى حد ما فكرته هذه بتطبيق ظاهرة الرنين المعروفة في الصوت. فلو أنك شددت على الكمان وتراً يعطي نغمة تتحد في الدرجة مع أحد أوتار البيانو مثلاً، ثم أمسكت بالكمان ودق أحد صحبك على وتر البيانو اهتز وتر الكمان واهتزت الكمان كلها وأعطتك صوتاً يستجيب لصوت البيانو، فبمثل هذه الطريقة يمكنك أن تضبط جهازاً لاسلكياً بحيث يكون "مترنماً" مع آخر فيستجيب له، وتستطيع بسهولة أن تلتقط

الإشارات المرسلة من هذه المحطة التي تكون متوافقة أو مترنمة مع جهازك دون أن تتأثر بالمحطات الأخرى غير المتوافقة معها.

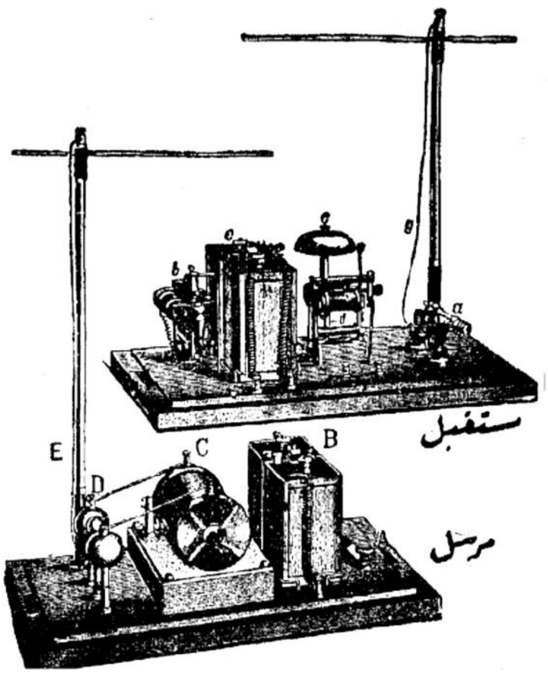


(شكل ٩٩) مستقبل مركوني التلغرافي اللاسلكي وبه رابط

وهذا الضبط أو الترنم يمكن إحداثه عن طريق إجراء عدة تعديلات كهربائية ليس هذا مكان شرحها، ويكفي أن نقول إن العامل في محطة الإرسال يستطيع أن يهيئ جهازه بحيث يرسل موجات أثيرية ذات طول موجي خاص، فإذا ما تم له ذلك أمكن لجهازه أن يؤثر في أجهزة الاستقبال التي لها نفس الطول الموجي، ويستجيب أيضاً لكل الموجات التي لها نفس الطول. ولكل سفينة أو محطة نغمة خاصة أي طول موجي معروف لجميع المحطات والسفن الأخرى. وإذا لم يكن جهاز السفينة أو المحطة مشتغلاً بإرسال إشارات فإنه يعد للاستجابة للنداء الذي يوجه إليه، وذلك بضبطه على موجته الخاصة، حتى إذا ما أراد أن يتصل بها أحد ضبط جهازه بحيث يكون مترنماً معها، ثم ناداها وبذلك يبدأ الحديث.

وكلما كانت الموجة طويلة كانت أقدر على اختراق المسافات وعلى ذلك فبعض المحطات والسفن مجهزة لمسافات أطول من مسافات الأخرى. ومعظم

أجهزة السفن من النوع القصير المسافة التي لا يتعدى مداها بضع مئات من الأميال، ولكن هذا لا يمنع اتصالها بالشاطئ البعيد في سياحة عبر الأطلنطي مثلاً، لأن رسائل هذه السفن يمكن أن تجدد. ومعنى هذا أنها ترسل لسفينة أخرى، وهذه بدورها توصلها لأخرى وهكذا حتى تصل الرسالة إلى المكان المطلوب، وبذلك يكون المسافرون على اتصال تام بصحبهم وذويهم ومحال أعمالهم، بل يكونون على اتصال أيضاً بأحدث أخبار العالم لأن بعض السفن الكبيرة بعد التقاطها الأخبار تطبعها وتوزعها على المسافرين.



(شكل ١٠٠) المرسل والمستقبل وقد وصل كل منها بسارية (موصل هوائي) هي في المرسل باعثة الموجات وفي المستقبل لاقطتها

على أن التجارب الحديثة أثبتت أن الموجات القصيرة أقدر من الموجات الطويلة على قطع المسافات الشاسعة لا عن طريق الانتشار المباشر بل عن

طريق الانعكاس عن الطبقتين الموجودتين في الجو، وأولاهما تعرف بطبقة "هفسيد" وتوجد عادة على بعد يتراوح بين ٦٥ ميلاً و٧٠ ميلاً فوق سطح الأرض، وتعرف الثانية بطبقة "أبلتون" وتوجد على بعد يتراوح بين ٩٠ ميلاً و٢٥٠ ميلاً.

ويجلس عامل اللاسلكي وجهازه التلفوني اللاقط مثبت فوق رأسه، يسمع به النقط والشرط حسب قانون مورس التلغرافي فتبدو هذه النقط والشرط كالكلام الواضح الصريح. ومنها يعرف الحديث الدائر والأخبار المرسلة وأحياناً يسمع إشارة الخطر وهي نداء الاستغاثة. ومن ذا الذي يستطيع أن يصور لنا شعور عامل اللاسلكي فوق الباخرة "كارباثيا" في ذلك اليوم المشئوم وقد سمع نداء الباخرة "تيتانك" العظيمة وهي تبعث به في الأثير قائلة: "إننا نغرق، فالغوث الغوث!" إنه يكاد لا يصدق أن تيتانك العظيمة التي لا يمكن أن تغرق، تيتانك الهائلة أكبر باخرة مخرت البحار، يطغى عليها الموج وأنها تغرق!!

نستطيع أن نتصور إسراعه إلى القبطان يخبره بالفاجعة الأليمة، ثم يعود مسرعاً إلى مكانه ليبعث برسالة تشجيع إلى تيتانك وهي في محنتها، يخبرها أن كارباثيا مسرعة إليها لنجدتها. وهو بلا شك سيظل متصلاً بها لاسلكياً ليعرف ما تم من أمرها. وليتصور القارئ شعوره بالخيبة العظيمة حين يجد الإشارات اللاسلكية من الباخرة الغارقة قد انقطعت فتنقطع عنه أخبارها، ويؤذنه سكوتها بالنهاية المفجعة وهو لا يستطيع إزاءها شيئاً.

ولكن النداء لا يجئ متأخراً في كل حالة، ولولا سوء الحظ لكان نداء الاستغاثة الذي بعثت به تيتانك وصل إلى سفن أخرى أقرب إليها من كارباثيا، فأسرعت لنجدتها ووصلت إليها في الوقت المناسب. وفي كثير من الحالات أمكن إنقاذ سفن كانت على وشك الغرق، أو على الأقل إنقاذ الركاب، إذا لم

يمكن إنقاذ السفينة وما عليها.

وبهذه الكيفية نشأ التلغراف اللاسلكي ونجح، وكان نشوؤه ونجاحه بمثابة تطبيق عملي للنظرية المغناطيسية الكهربائية التي قال بها مكسويل. وكانت النتيجة أن الموجات الكهرطيسية التي تنبأ بها وحققها هرتز من بعده أصبحت مألوفة، لا عند العلماء النظريين أو أضرابهم من البحاثين بين جدران المعامل فحسب بل في الحياة عامة. وكذلك قام دليل غير مطعون فيه على أن الفكرة الأساسية في نظرية مكسويل فكرة صحيحة، بل هي فوق ذلك ذات فائدة عملية واسعة النطاق عميقة الأثر في الحياة. فالفضل كان لمكسويل أولاً، ثم لهرتز ثانياً، فالأول تنبأ بالموجات نظرياً، والثاني استكشفها عملياً. أما ماركوني فلم يستكشف شيئاً، ولكنه طبق هذه الكشوف العملية وجعلها أساساً لمخترعاته الناجحة.

التلفون اللاسلكي أو الراديو

مر بنا كيف أثمرت جهود سير وليم بريس في إمكان التواصل بين محطتين متبادلتين دون وصلهما بموصلات معدنية، وذلك عن طريق التأثير الكهربائي الذي يقضي بمرور تيار تأثيري في أحد سلكين إذا مر في ثانيهما تيار آخر. فهذا التيار المؤثر إذا مر خلال مرسل تلفوني تغير بتغير الموجات الصوتية، وتغيرت من ثم بطبيعة الحال التيارات التأثيرية تغيراً مشابهاً حتى إذا مرت خلال مستقبل تلفوني أحدثت نفس الصوت. ولقد مر بنا شرح ذلك عند الكلام على التلفون السلكي الكهربائي. فكان التواصل الذي اخترعه سير وليم بريس أول تلفون لاسلكي.

على أن هناك نوعاً آخر من تلفون لاسلكي أسفرت تجربته عن نجاح أيضاً، وهذا التلفون مبني على أمرين: أولهما أنه إذا غذي قوس ضوئي كهربائي بتيار

مطرد السريان، ثم أضيف إليه تيار صغير متغير، فإن وضاءة الضوء تتغير بتغير التيار. وعلى ذلك فالموجات الصوتية يمكن أن تتحول عن طريق جهاز التلفون إلى تغيرات في وضاءة الضوء. وثانيهما أن هناك فلزاً خاصاً هو السيلينيوم تزيد قدرة توصيله للكهربائية إذا ما زاد الضوء الساقط عليه، وعلى ذلك فالمصباح القومي إذا جهز بعاكسات ملائمة تعكس ضوءه إلى مسافة ما، على طريقة الضوء الكشاف، أمكن أن تسقط أشعته على السيلينيوم الموجود في محطة أخرى بعيدة، وإنما يصلها هذا الضوء. فالتيارات الآتية من المرسل التلفوني تغير من ثم ضوء القوس، فتتغير بدورها مقاومة السيلينيوم، وتتغير تبعاً لها شدة التيار الساري خلاله والساري خلال مستقبل التلفون.

وبهذه الطريقة غير المباشرة تتجدد في المستقبل الأصوات الساقطة في المرسل، وقد تطورت هذه الطريقة الأخيرة وصارت تستعمل في السينما الناطقة. غير أن نجاح مركوني في التلغراف اللاسلكي قد لفت الأنظار إلى إمكان نقل التيارات البسيطة المتغيرة اللازمة لنقل الأصوات بطريقة مشابهة لتلك المستعملة في إحداث النقط والشرط.

وكان من الضروري في مبدأ الأمر العثور على وسيلة بها يستطاع إرسال سلسلة متتابعة من الموجات الأثيرية عبر الفضاء، بدلاً من ذلك الرشاش المتقطع (إذا جاز التعبير) الذي يحدثه الملف التأثيري.

المرسل في الراديو

ولهذا اخترع فسندن، وهو من أمهر المشتغلين بالكهربائية، دينامو لهذا الغرض يمكنه أن يبعث بتيار متردد في سلك هوائي، وهذا التيار يتذبذب ٧٥٠٠٠ مرة في الثانية. وهذه سرعة في التذبذب لا يدركها العقل. وقد كان هذا هو كل المطلوب، لأن التغير المنتظم الذي يحدثه الدينامو معناه سلسلة

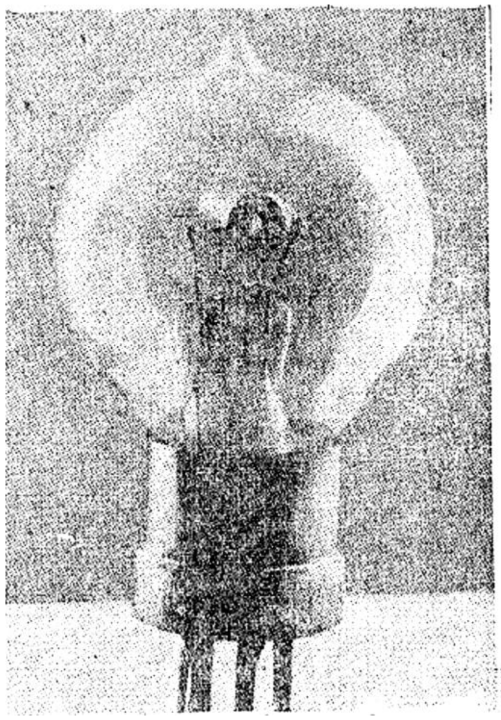
موجات منتظمة مستمرة تخرج من السلك الهوائي إلى الأثير. وهناك صعوبات ميكانيكية تعترض سبيل الآلة التي تسير بالسرعة العظيمة اللازمة لتوليد هذه التيارات السريعة، ولكن القوس الذي اخترعه المخترع الدنمركي الشهير بولسن قد تخطى كل عقبة.

والقطب الموجب في هذا القوس الكهربائي من النحاس، وقطبه السالب من الكربون، والقطبان محاطان بغاز الأيدروجين أو غاز الاستصباح أو بخار الكحول. ويسري من دينامو تيار قوته ٢٠٠ فولت إلى النحاس ثم إلى الكربون. وفي الوقت عينه يتصل سلكان آخران أحدهما بالنحاس والثاني بالكربون، يكونان دائرة أخرى تحتوي على ملف وعلى مكثف. فمتى ما سرى التيار من الدينامو إلى القوس حدثت في دائرة المكثف والملف اهتزازات كهربائية شديدة ذات تردد كبير مستمر بشكل يكاد يكون منتظماً، وقد تبلغ المليون في الثانية متى أريد ذلك. ويمكن استخدامها لإحداث الموجات المطلوبة للتلفون اللاسلكي، وذلك بإدخال مرسل تلفوني في الدائرة الثانية، وهي التي تحدث فيها هذه التيارات المهتزة التي ستتغير شدتها من ثم تبعاً لموجات الصوت الساقطة في البوق. فتتغير إذن تلك التيارات التي تحدثها الاهتزازات في السلك الهوائي المجاور بتغير الصوت، بل تتغير أيضاً الموجات الأثيرية التي تنبعث منها. ومن هذا يتضح لنا كيف يمكن إرسال سلسلة موجات مطردة سريعة جداً، تتغير قوتها باستمرار تبعاً لارتفاع الموجات الصوتية أو انخفاضها.

المستقبل في الراديو

بعد هذا يجئ جهاز المستقبل الذي يتلقى هذه الموجات ويحولها إلى موجات صوتية، وهنا لا يصلح الرابط الذي سبق ذكره، فهو لا يستجيب بسرعة كافية، وهو غير حساس الحساسية المطلوبة. وقد اخترعت لذلك عدة أجهزة لاقطة

تفي بالغرض، وأحسنها هو الصمام الثرميوني الذي لولاه لما تقدم التلفون اللاسلكي ولا تقدم فن الراديو هذا التقدم المدهش ولا ارتفع إلى مستواه الحالي. فهو الذي يقوم بمختلف الأعمال من تقويم للتيار وتكبير للموجات اللاسلكية وتضخيم للصوت.



(شكل ١٠١) الصمام الثرميوني وبه تقدم اللاسلكي تقدمه الحالي، وقد سمي صماماً لأنه لا يسمح للتيار بالمرور إلا في اتجاه واحد

وبتلخيص سلسلة الأسباب والنتائج التي مر بنا ذكرها، نقول إن مرسل التلفون يغير التيارات في محطة الإرسال، وبذلك تتغير الموجات الأثيرية المنبعثة منها، وهذه الموجات الأثيرية المنبعثة تحدث عند وصولها إلى محطة الاستقبال تيارات في الهوائي تشبه التيارات الأصلية التي أحدثتها، وهذه بدورها تنظم سريان التيار في المستقبل التلفوني فتحدث نفس الأصوات.

لم تقتصر فوائد اللاسلكي على نقل الإشارات التلغرافية وسماع المحادثات الكلامية، بل إنها تعدت ذلك إلى إذاعة الأخبار والخطب والمحاضرات والموسيقى، وانتقلت بعد ذلك إلى نقل الصور الفوتوغرافية والإمضاءات والصفحات المكتوبة أو المطبوعة، وإخال كل من يقرأ هذا يعرف ما وصل إليه الراديو من الانتشار، ولا أخاله إلا قد سمع عن الرؤية عن بعد، وشاهد السينما الناطقة. ومن يدري فقد لا يمضي وقت طويل حتى نسمع عن غير ذلك من الأشياء العجيبة التي تحققت في معامل البحث من أمثال دور السينما والتمثيل اللاسلكية، والقوة اللاسلكية، والنور اللاسلكي، والتي لا بد منتشرة مع الزمن كما انتشر التلفون اللاسلكي ومحطات الإذاعة اللاسلكية. وقد يجيئنا العلماء العلميون والمخترعون بالعجب العاجب الذي تحار فيه العقول والأفهام، وما هو بسحر ذلك الذي يجيئون به، وإنما هو العلم النظري التجريبي الذي بحثوا فيه عن الأسباب، فلما تبينوها ظهرت هذه النتائج البارعة.

الفصل الثامن عشر

الأشعة الجديدة (السينية والراديومية)

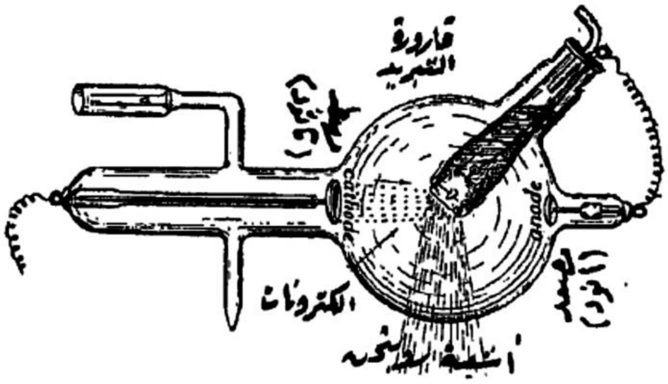
لم يقع لكثيرين مثل ما وقع للعلامة الأستاذ رونتجن الألماني رئيس المعهد الفيزيقي سنة ١٨٩٥، إذ قيض الله له أن يكشف ذلك الكشف العلمي العجيب. ولئن ود أحد من الناس أن يتحدث عن أمر عجيب أو كشف علمي خطير من كشوف القرن التاسع عشر، فما عليه إلا أن يتحدث عن أشعة رونتجن التي اشتهرت بأشعة إكس X، أي الأشعة السينية، وذلك لأن هذه الأشعة زادت من قوة الإبصار لدى الإنسان حيث مكنته من أن يخترق ببصره الحجب، ويرى حتى أحشاءه التي ينطوي عليها جسمه، وحتى عظامه رغم ما يكسوها من لحم وما يحيط بها من أوعية دموية، وحتى الأجنة في بطون الأمهات. والحق إن كشف هذه الأشعة يتضمن فصلاً من أعجب الفصول في تاريخ العلوم.



(شكل ١٠٢) ولهلم كونارد رونتجن

حقيقة إن استكشافها جاء عرضاً، ولكن الحال هنا لا يمكن أن تقارن بحال عابر السبيل الذي يعثر مصادفة على كيس مملوء ذهباً، بل هي حال ذلك المنقب عن الذهب الذي يعثر عرضاً على قطعة من الذهب الخام. لقد كان رونتجن يجري تجارب في التفريغ الكهربائي خلال الأنابيب المفرغة التي هي عبارة عن أنابيب أو بصلات زجاجية فرغ هواؤها. والمصباح الكهربائي نوع من هذه الأنابيب ولكنه لا يصلح لتجارب رونتجن هذه إلا إذا أزيل منه الشريط وبقي سلكاً البلاتين كما هما. فإذا ما أطلق التيار في أنبوبة من هذه الأنابيب لقي بعض العناء في مروره من أحد سلكي البلاتين إلى الآخر، وهو لا يستطيع

في الواقع أن يمر ما لم يكن بالأنبوبة أثر طفيف من الهواء. وحتى مع هذا فإنه يحتاج إلى ضغط كهربائي أكبر من المعتاد في إضاءة الشريط لإجراء التجربة. وجرت العادة أن يوضع سلكا البلاتين في الأنبوبة متقابلين كل في طرف من طرفيها لا متجاورين، وعدا هذا فإن السلكين غير مدببين بل ينتهيان عادة بقرصين صغيرين.



(شكل ١٠٣) أنبوبة أشعة رونتجن

فحينما ينطلق تيار في زجاجة من هذا النوع فإن قليل الغاز الموجود فيها يضئ ضوءاً غريباً تبدو فيه عادة ألوان جميلة مرتبة على هيئة طباق وتكون هذه الطباق مجاورة للسلك الموجب الذي يسمونه "الأنود"، أي "المصعد". أما عند السلك السالب وهو الذي يسمى "الكاثود" أي "المهبط"، فإنه توجد طبقة من ضوء أبيض أو بنفسجي تليها منطقة مظلمة تفصل ما بينها وبين المنطقة الأخرى المضيئة. وكلما كان تفريغ الأنبوبة شديداً امتدت هذه المنطقة المظلمة حتى تملأ الأنبوبة كلها.

مولد الأشعة الرونتجنية

وعندئذ يحدث شيء عجيب، يسطع لون أخضر على جزء الأنبوبة المقابل

للمهبط، وفي هذا اللون الأخضر تتولد الأشعة السينية. ويجدر بنا قبل شرح كيفية نشوء هذه الأشعة أن نذكر باختصار ما يحدث في الأنبوبة المفرغة، ويكون سبباً في ابتعاث هذا اللون الأخضر.

لو أننا فرضنا أن لدينا مجهراً (ميكروسكوب) تفوق قوة تكبيره قوة أكبر المجاهر الحالية ملايين المرات، ثم سلطناه على الأنبوبة وأطلقنا أبصارنا خلاله لرأينا عجباً. رأينا مظهر نشاط غريب جداً، مظهر أسراب عظيمة من جسيمات صغيرة تنساب من المهبط بسرعة عظيمة جداً متدافعة في خطوط مستقيمة حتى تصدم الجدار الزجاجي المقابل فيظهر فيه ذلك البريق الأخضر، فهذه الجسيمات الصغيرة جداً هي في الواقع ذرات الكهربائية ومنها يتألف التيار الكهربائي.

نعم يتألف التيار من سيل من هذه الجسيمات المتناهية في الصغر، والتي يسمى الجسيم الواحد منها "إلكترون"، وهي أصغر كثيراً من ذرات المادة، وتشق لنفسها ببطء طريقاً بين ذرات السلك، وتصدمها باستمرار محدثة فيها مقداراً عظيماً من الحرارة. ويمر عدد واحد من الإلكترونات في كل جزء من أجزاء الدائرة في وقت واحد. وحينما يكون في الدائرة الكهربائية سلك رفيع جداً فإن الإلكترونات بطبيعة الحال تسرع في مرورها منه لكي تخلي بسرعة أيضاً الطريق لما يأتي بعدها من الإلكترونات، وعلى ذلك ترتفع حرارة السلك كثيراً، فإذا ما كان السلك شريطاً جعلته هذه الحرارة يتوهج مشعاً ضوءاً كما يحدث في المصباح الكهربائي. وعندما تصل الإلكترونات إلى نهاية السلك المهبطي تضطر مرغمة إلى عبور الفضاء أو الفجوة التي بين السلكين، بعضها عن طريق الإلكترونات الخلفية، وبعضها عن طريق جذب المصعد لها جذباً شديداً. ولكن ذرات السلك نفسها تجذب الإلكترونات وتمسك بها. ولذا تلاقي الإلكترونات

باستمرار كثيراً من العناء قبل أن تتمكن من ترك السلك. فإذا ما تخلصت من المهبط اندفعت إلى الأمام بسبب التنافر الحادث من الخلف والتجاذب الحادث من الأمام، وتكون أشبه شيء بالحجارة الساقطة من علو كبير فإن اندفاعها يتزايد كلما أمعنت في الهبوط.

والقوة التي تؤثر في الإلكترونات أكبر بكثير من قوة الجاذبية، فهي أكبر منها بما يزيد عن مليون مرة، والإلكترونات من جهة أخرى صغيرة جداً، فهي لذلك لا تحدث تلفاً مهما زادت سرعتها، ولكن سرعتها كبيرة جداً تبلغ حوالي خمسين ألف ميلا في الثانية، فلا عجب إذن إذا هي أحدثت آثاراً عجيبة إذا اعترضها الزجاج فأوقفها. وهذه الآثار تتزايد بكثرة إذا هي تركزت فوق لوح من البلاتين يوضع في مواجهة المهبط. فهذا اللوح ترتفع حرارته إلى درجة الابيضاض، وتبعث بأشعة رونتجن الشهيرة التي سماها رونتجن نفسه أشعة إكس X أي أشعة س المجهولة، لكي يكون اسمها دليلاً على غموض حقيقتها.

قصة كشفها

وإليك قصة كشف هذه الأشعة: حدث أن رونتجن كان يجري يوماً ما تجاربه على أنبوبة مفرغة محاولاً أن يخرج الإلكترونات من الأنبوبة إلى الهواء الطلق، وكان قد أجرى هذه التجربة غير مرة مستخدماً فتحة صغيرة هي عبارة عن صفيحة رقيقة من الألومنيوم تستطيع الإلكترونات اختراقها. وكان يبحث في تأثير الإلكترونات في لوح من مادة قابلة للوميض، وكان يريد أن يعرف ما إذا كانت الإلكترونات تظل تنبثق من الأنبوبة المفرغة إذا لُفت كلها بورق سميك أسود لا ينفذ الضوء العادي أم لا تنبثق. وكان يريد عدا ذلك أن يلاحظ هذا وهو جهازه في ظلام دامس. ولشد ما كانت دهشته حين وجد هذا الحائل القابل للوميض يتألق، وأن بعض ذلك الابتعاث المؤثر الخارج من الأنبوبة

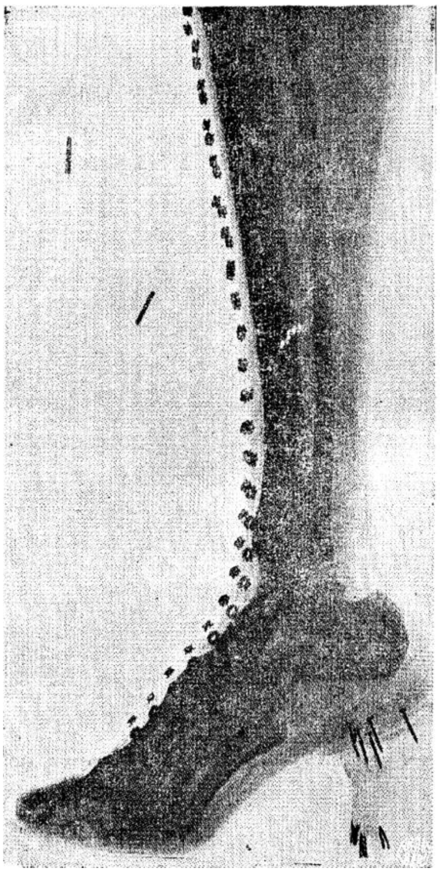
المفرغة قد وصل إلى الحائل خلال ذلك الورق السميك الأسود.

وإذ حدث له ذلك رأى أن يدخل في تجاربه بعض التعديل، فجاء بلوح من الخشب ووضعه بين الأنبوبة والحائل، ولكنه وجد أن اللوح لم يحدث أي تغيير، وما دامت الأشعة تضيء الحائل فهي لا بد قد اخترقت لوح الخشب. فرفع اللوح واستعاض عنه بكتاب ضخم، ولكن ذلك أيضاً لم يؤثر البتة في الأشعة. فاتجه ظنه إلى أن الأشعة ربما تكون قد وصلت إلى الحائل بطريقة ملتوية غير مفهومة ولا واضحة، ورأى أن يرفع يده بين الأنبوبة والحائل. وليتصور القارئ هنا دهشة الرجل حينما رأى على الحائل القابل للوميض صورة تبين عظامها وهيئة تركيبها لا مجرد ظل لها. لقد راعه ما رأى فأضاء الحجرة ليطمئن على يده، ولكي يرى ما إذا كان لحمها قد تناثر فلم يبق إلا عظمها أم لم يصبها شيء. ولكنه لم يجد شيئاً أصابها، فاطمأن وأعادها إلى الوضع الذي تعترض فيه سبيل هذه الأشعة الغريبة، فظهرت له صورة العظام مرة أخرى واضحة جلية، ولم يبد اللحم في الصورة إلا أثراً ضعيفاً، وكان ذلك كشفاً عظيماً.

وطارت أنباء ذلك الكشف حتى عمت أنحاء المعمورة، وأجريت التجربة ألوف المرات، وتحقق الناس أن حدثاً جديداً قد استكشف فزادت به معلومات الإنسان، فيه استطاعوا أن يعينوا مواضع الأجسام التي تثوي في جسم الإنسان كالإبر والرصاص، بل استطاعوا أن يصوروا بالفوتوغرافيا هذه الأجسام لما استبدلوا الحائل بلوح فوتوغرافي. ولم يتوان الجراحون في استعمال هذا الكشف العظيم في المستشفيات، وأصبحنا نرى في كل مستشفى كبير رجالاً مهمتهم استعمال أشعة رونتجن ليستعين الأطباء بها في تشخيص الداء ووصف الدواء.

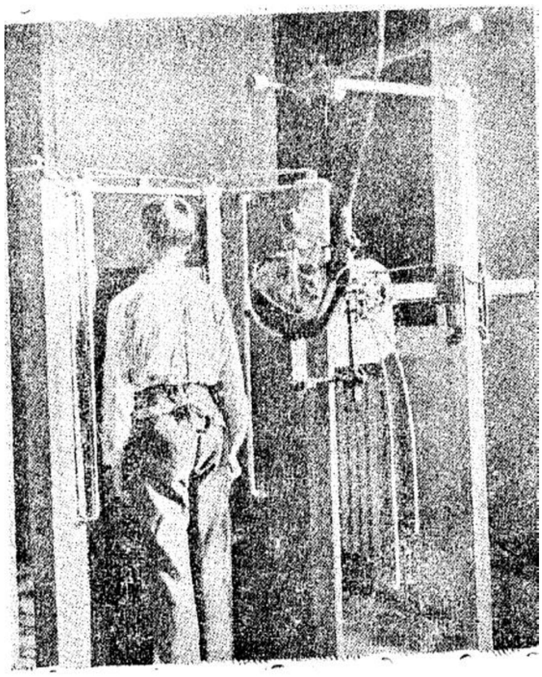
على أن الخير الذي ينجم عن استكشاف جديد قد يصحبه شر ربما يكون له أسوأ الآثار. وقد كان الحال كذلك مع أشعة رونتجن. فقد وجد المشتغلون

بهذه الأشعة أنها لسوء الحظ تؤثر في جلدهم الذي يتعرض لها كثيراً إذ تجففه وتيبسه وتسخنه، ووجدوا كذلك أن شعرهم يتساقط وأظافرهم تتناثر. والأنكى من ذلك أنها جعلت تظهر فيهم الفينة بعد الفينة قروح تكاد لا تبرأ. وقد كان الموت في بعض الأحيان يتخطف أولئك الذين يتعرضون طويلاً لأشعة رونتجن. ولكن العلم كما هي عادته قد نجح في تجنب هذا الشر والاستفادة بالخير فقط، فقد اهتدى المشتغلون بهذه الأشعة إلى استعمال حوائل من الرصاص لا تنفذ هذه الأشعة. وبذلك انتظم استعمالها في الجراحة والطب، وجاءت بأطيب الثمرات.



(شكل ١٠٤) صورة فوتوغرافية لقدم حسناء تسلطت عليها الأشعة الرونتجنية وهي في الجورب والحذاء

ولم يقتصر استعمالها على الطب وحده بل تدخلت في الأعمال الهندسية والصناعية، فقد وجدوا أن أشد أنواع هذه الأشعة نفاذاً يستطيع أن ينفذ من الصلب الذي يبلغ سمكه ثلاث بوصات أو أربعاً. فإذا وجدت في الصلب فجوات أو عيوب أخرى ظهرت في الصور الفوتوغرافية المأخوذة بأشعة رونتجن، وبهذه الطريقة تمكن المهندس من اختبار المواد دون قطعها كما يختبر الجراح العظام دون أن يزيل اللحم من فوقها.



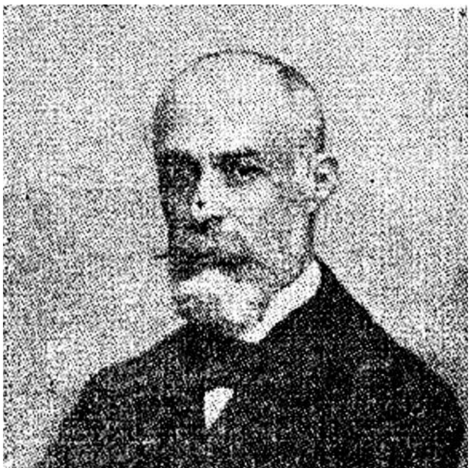
(شكل ١٠٥) جهاز التصوير بالأشعة الرونتجنية يلتقط صورة صغير

ومن أهم تطبيقات هذه الأشعة استخدامها في كشف بناء البلورات ومكوناتها من الجزئيات. وقد أدت هذه التطبيقات إلى ظهور علم جديد هو "علم تكوين البلورات" عن طريق درس انعكاس هذه الأشعة من سطوح البلورات. واستطاع الفيزيقيون الآن أن يحدثونا عن كيفية وضع ذرات الكلور

والصوديوم في بلورة من بلورات ملح الطعام وهو الذي يسميه الكيماويون كلورور الصوديوم. وعلى ذلك تكون هذه الأشعة قد كشفت اللثام عن تلك اللبنات التي منها يتألف صرح البلورة العجيب.

كشف الراديوم

لم تكن أشعة رونتجن الأشعة الوحيدة الجديدة التي استكشفت في نهاية القرن التاسع عشر، بل هناك أنواع أخرى جديدة ظهرت، وكل منها أدخل في باب العجب من أشعة رونتجن نفسها. ومن عجب أن الفضل في كشفها يرجع إلى أشعة رونتجن هذه. فلقد مر بنا ذكر التألق الأخضر على الزجاج، وأيضاً ذلك الضوء الأبيض على الحائل البلاتيني الذي يقتنص الإلكترونات. وقد خطر لبعض العلماء أن يختبر هل كان حدوث هذا التلون أو الوميض مصحوباً بحدوث أشعة رونتجن أو أشعة تشبهها، لها مثل صفاتها وخواصهما أم لا، وإذا كانت أشعة رونتجن تحدث ومضانا في بعض المواد فهل المواد المومضة تحدث أشعة رونتجن؟



(شكل ١٠٦) هنري بكرل

وبدأ العالم الفرنسي هنري بكرل تجاربه في هذا الصدد، وكان أبوه إدمون بكرل قد طارت له شهرة عن طريق بحثه في الومضان، فكان من الطبيعي جداً أن يتابع ابنه بحث تلك المواد المومضة ليرى هل لومضانها علاقة بأشعة رونتجن أم لا علاقة له بها. ومن غريب الصدف أنه اختار من بين هذه المواد المادة التي أدت به مباشرة إلى كشفه الجديد. وتلك كانت مادة الأورانيوم. فعرض بعض البلورات المشتملة على الأورانيوم إلى ضوء الشمس حتى تألقت بضوء أزرق خفيف. وبعدئذ وضع هذه البلورات في صندوق سميك مظلم كانت به بعض اللوحات الفوتوغرافية، وتركها كذلك بضع ساعات. ولما عاد إليها بعد ذلك وجد أن البلورات قد سودت اللوحة الفوتوغرافية فظن أن ذلك إما أن يكون من أثر الضوء الأزرق أو من أثر أشعة رونتجنية انبعثت من البلورات. فاعتزم أن يعيد التجربة ثانياً، ولكنه انتظر عبثا ظهور الشمس يوماً بعد يوم.

وقد كان احتجاب الشمس وراء السحب فرصة سعيدة أخرى سنحت، لأن البلورات كانت طوال هذا الوقت موضوعة في درج به لوحة فوتوغرافية تصلح لكي تعرض بدورها هي أيضاً للشمس. ولما ضاق ذرعاً بهذا الانتظار رأى أن يؤجل التجربة حتى يحين الوقت المناسب، وأن يستخرج اللوحة الفوتوغرافية ليتم عمله فيها. وما كان أشد دهشته حين وجد أن البلورات قد رسمت لنفسها صورة على اللوحة على الرغم من أنها كانت ملفوفة بورق سميك أسود، وعلى الرغم من أن البلورات نفسها لم تكن تعرضت لضوء الشمس. فخطر له أن البلورات ربما تكون قد تعرضت لضوء الشمس زمناً طويلاً، وأنها إنما تتخلى بالتدريج عن الضوء الذي سبق لها أن امتصته. فحجبها شهوراً وهي في ظلام دامس، ثم عرض لفعلها مرة أخرى لوحة فوتوغرافية. ولكنه وجد أن النتيجة هي هي على عكس ما كان يتوقعه. ومن ثم اتضح له أن فعل الأورانيوم غير متعلق

بتاتاً بالضوء وأنه مستمر دون توقف.

وبقي بعد ذلك ما هو أعجب وأغرب، ذلك أن هذه القوة الكامنة في الأورانيوم والتي تكشفت عن نوع جديد من الأشعة التي أثرت في اللوحة الفوتوغرافية قد ظهر أنها لا تنعدم، سيان في ذلك سخن الأورانيوم في بودقة، أو دق حتى صار مسحوقاً ناعماً، أو خلط بمواد أخرى، أو صهر، أو غلي، أو أضيف إليه حامض من الأحماض فقد ظل التأثير واحداً كما هو دون تغيير ما دامت كمية الأورانيوم لم يعتورها نقص ولا تغيير. وبدا له أن هذه القوة الجديدة الغريبة كامنة في ذرات الأورانيوم نفسها.



(شكل ١٠٧) مدام كوري

وقد كانت هذه القوة جديدة ومن ثم كان لا بد لها من اسم جديد؛

فأطلقت عليها مدام كوري هذا الاسم "النشاط الإشعاعي" وقد اشتهرت هذه السيدة ببحثها في الكشف عن العناصر التي لها مثل خواص الأورانيوم. وهذه السيدة بولونية الجنس. درست في باريس واشتركت مع زوجها كوري أستاذ الفيزيقا في السوربون في إجراء بحوثها الأولى في هذا الموضوع، فكان أول عنصر وجد له مثل خواص الأورانيوم هو عنصر الثوريوم. ولكنها شاهدت أن بعض المعادن التي تحتوي على عنصر الأورانيوم أو مركباته شديدة الابتعاث لمثل هذه الأشعة المنبعثة من الأورانيوم، وشاهدت فوق ذلك أن تأثير هذه المعادن أشد كثيراً مما ينتظر أن يكون إذا اعتبر التأثير مقصوراً على ما تحتوي عليه من عنصر الأورانيوم، فكان ذلك منبئاً بأن هذه المعادن تحتوي على عنصر آخر غير معروف أشد فعلاً وأكثر تأثيراً من الأورانيوم نفسه. وابتدأت عند ذلك في سلسلة بحوث شاقة لاستئصال هذا العنصر وتجريده. وقد أمدتها حكومة النمسا في ذلك العهد بطن من المعادن المستخرجة من مناجم بوهيميا لاستعماله في تلك التجارب، وجاءت نتائج بحوثها على ما تأمل. فاستخلصت سنة ١٨٩٨ عنصرين مختلفين لم يكونا معروفين من قبل أشد فعلاً من الأورانيوم. وسمى الأول "البولونيوم" نسبة إلى بولونيا وطنها ومسقط رأسها، وسمى الأخير "الراديوم" وكان أشد فعلاً من الأول، ويبلغ فعله مليوني مرة فعل مقدار من الأورانيوم يساويه وزناً. وقد ثبت أن الراديوم هذا خطر كأشعة رونتجن لأن مدام كوري احتفظت بقليل منه في كمها، فأصابتها بسببه قرحة لم تبرأ منها إلا بعد عدة أشهر. وقد عينت مدام كوري بعد وفاة زوجها في حادث تصادم سيارة أستاذة لعلم الكيمياء في جامعة باريس، فكانت بذلك أول امرأة تعين في مثل هذا المنصب في بلد كباريس له مكانته العلمية. وتوفيت في صيف سنة ١٩٣٤ وهي منكبة على بحوثها في الراديوم.

أنواع الأشعة الراديومية

وقد أدى البحث في الأشعة المنبعثة من الراديوم إلى استكشاف ثلاثة أنواع مختلفة تنبعث منه، وقد سميت بأسماء الحروف الثلاثة الأولى الإغريقية ألفا وبيتا وجاما، أي ألف وباء وجيم. وكل من هذه الأشعة تختلف عن زميلتيها اختلافاً بيناً. فأما الأشعة الجيمية فتشبه أشعة رونتجن وتزيد عنها في القدرة على النفاذ، حيث اخترقت حائلاً من الجرانيت سمكه ست بوصات.

وأما الأشعة البائية فأقل نفاذاً من الأشعة الجيمية، وقد أمكنها أن تخترق صفيحة رقيقة من الألومنيوم، ولكنها عجزت عن اختراق صفائح أثخن من هذه تغلبت عليها الأشعة الجيمية. وقد وجد من البحث أن الأشعة البائية كالأشعة المهبطية مكونة من جسيمات مشحونة بالكهربائية السالبة أي أنها مكونة من إلكترونات.

وأما الأشعة الألفية فقدرتها على النفاذ ضئيلة جداً، فهي تكاد لا تنفذ خلال الورق المعتاد أو خلال بضعة سنتيمترات من الهواء. وقد ظهر حديثاً أن هذه الأشعة في الواقع ما هي إلا ذرات مادية فقدت بعض إلكتروناتها، وهذه الذرات المادية هي ذرات غاز الهليوم وهو ذلك الغاز النادر الخفيف الذي استكشف في الشمس قبل أن يستكشف في الأرض بعشرين سنة. وليس هذا مكان شرح وسائل كشفه في الشمس. وتنبعث من الراديوم هذه الذرات غير التامة بسرعة تبلغ عشرة آلاف ميل في الثانية.

وقد ثبت للعلماء أن الراديوم متى فقد إشعاعه كله استحال رصاصاً، فهو ابن للأورانيوم إذن وأب للرصاص. أفلا ينزعج الكيماوي لاضطراره إزاء ذلك أن يدخل الأنساب في علم الكيمياء وأن يحسب أعمار العناصر؟ على أننا لو استطعنا أن نرغم هذه الجسيمات الكهربائية التي تدور بسرعة عظيمة جداً

داخل الذرات على أن تؤدي لنا عملاً لاستغنينا عن الآلات البخارية والمحركات البترولية. ولكننا لا نرى في الوقت الحاضر وسيلة لاستخلاص هذه القوة واستخدامها في شؤوننا. ولعل تقدم الكشوف العلمية يكفل تحقيق ذلك في المستقبل، فيقوم بعد مائة سنة مثلاً من يصف ذلك بأنه كبر كشف وأعظم اختراع وصل إليه الباحثون.

الفصل التاسع عشر

السفن الهوائية وآلات الطيران

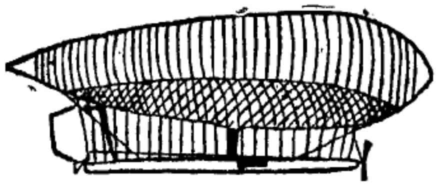
حينما نقرأ أخبار الاختراعات العظيمة التي تمت أو نسمع بها نرانا نميل إلى الظن بأنها لا بد كانت مخترعة يوماً ما حتى لو لم يكن مخترعوها أنفسهم قد خلقوا، ولكنا لا نعدو الحق إذ نقول إن كثيراً من الصعاب تعترض سبيل كل مخترع، ولا يمكنه أن يتخطاها إلا بصبره وثباته وقوة عزيمته. وحدث كثيراً أن تكون المسألة التي يواجهها المخترع قد عرض إليها قبله زملاء أخفقوا في الوصول إلى حلها، وكان يمكن أن يؤدي هذا الإخفاق إلى الاعتقاد بأن النجاح مستحيل. ومع ذلك فقد يشغل البعض بمحاولة إثبات هذه الاستحالة ثم يجهرون بأنها مسألة ميئوس منها. وليس أخطر على الاختراع والمخترعين من هذه الاتجاه، فأقل ما فيه أنه يزعج المخترعين والمستكشفين ويقلق بالهم. وقد يرزقون بنفر من صحبهم لا يفتأون يذكرون لهم أنهم إنما يضيعون وقتهم عبثاً في محاولة حل مسألة مستعصية لا يمكن حلها.

ومن المسائل التي اعتور حلها الإحجام تارة والإقدام أخرى مسألة الطيران. ولقد وصلت الطيور إلى حلها منذ القدم. وساد الاعتقاد إلى زمن غير بعيد بأنه لا يمكن أن تنشأ آلة طيران أي آلة تستطيع أن تحمل نفسها وتحلق في الهواء. وقديماً فكر العربي الأندلسي عباس بن فرناس في أن يجهز نفسه بأجنحة تشبه أجنحة الطير، ولكنه لم يصل إلى بغيته كلها. وقد حلت قبيل الحرب العظمى مشكلة الطيران، وقد لا يمضي زمن طويل حتى نرى الطائرات الميكانيكية يتم استعمالها في الانتقال فتحل محل الدواب والعربة والسيارة

والقطار والسفينة الشراعية والباخرة. ونحن نرى اليوم بوادر ذلك في الطائرات البريدية والتجارية والحربية. ولا مراء في أن حل مسألة الطيران قد أثر في تقدم المدنية الحديثة تأثيراً محسوساً. وما أسعدنا إذ نعيش اليوم في زمن ظهر فيه اختراع أهم من القاطرة والباخرة في سرعة لم الشمل وتقريب البعيد، بل ما أسعدنا إذ استطعنا أن نرقب يوماً بعد يوم صعاب الطيران وقد صرعها العلم واحدة بعد أخرى، وإذ صرنا نتتبع بالإعجاب أنباء انتصارات العلم وبطولة المخترعين. وكل ما يرتجي الآن أن تتغلب ميول الخير في الإنسان على ميول الشر فيستخدم هذه الكشوف وتلك الاختراعات في خير الإنسانية لا غير.

المنطار

وقد كان المنطاد أول آلة تمكن بها الإنسان من الصعود كالعصفور في الهواء، ولا يعرف أحد بالضبط متى حلق أول منطاد في الهواء. ولكن يروى أن منطاداً طار في بكين عاصمة الصين سنة ١٣٠٦ في يوم تتويج إمبراطورها، ويروى أيضاً أن قسيساً برتغالياً من بلدة لسبون امتطى منطاداً مملوءاً بالهواء الساخن وحلق به في الهواء. أما أول حادث موثوق منه في هذا الصدد فيرجع إلى سنة ١٧٨٣.



(شكل ١٠٨) منطاد قديم

وحدث قبل ذلك بعدة سنين أن وجد العالم الإنجليزي كافندش أن غاز الأيدروجين أخف من الهواء أربع عشرة مرة، وهو لذلك يرتفع صعوداً في الهواء،

وقد حقق ذلك بأن ملأ فقاعة صابون بالأيدروجين بدلاً من الهواء، فارتفعت بسرعة حتى أدركت سقف الحجرة، وهناك انفجرت. فلفتت هذه التجربة الأنظار إلى إمكان رفع الأشياء في الهواء عن طريق الغازات الأخف منه. وكان من بين الذين لفتت نظرهم هذه التجربة أخوان شقيقان في فرنسا يقال لهما منجلفييه، وكانا يملكان مصنع ورق، ففي ذات يوم صنعا كيساً كبيراً من الورق، ثم نكساه فوق نار يتصاعد منها دخان ظنا منهما أن هذا الدخان المتصاعد يرفع الكيس المتصاعد في الهواء، ولكن الورق كان ثقيلاً فلم يرتفع ذلك المنطاد.

وقد يدخل مثل هذا الإخفاق اليأس في قلوب معظم الناس، ولكن الأخوين منجلفييه تبيناً سبب الإخفاق، ومضيا يصلحان الخطأ، وابتنيا منطاداً آخر ينفتح إلى أسفل، وفي هذه المرة استخدما الحرير بدل الورق. ثم ملآه بالدخان المتصاعد من إحراق القش والصوف ظنا منهما أن هذا الدخان تطرده الأرض عنها فيرتفع منطادها في الجو. ولقد تبينا في النهاية أن الهواء الساخن هو الذي يرفع المنطاد في الواقع لأنه أخف من الهواء البارد، خاضعاً في ذلك لقاعدة أرشميدس الشهيرة التي تكلمنا عنها في الفصل الأول، ومؤداها أن الجسم يفقد من وزنه بمقدار وزن المائع الذي يزيغه عندما ينغمر فيه، ولا تنسى أن الغازات ومن بينها الهواء أجسام مائعة كالسوائل.

وارتفع فعلاً المنطاد الحريري الذي صنعه الأخوان منجلفييه وملآه بالهواء الساخن، ولكنه هبط لما برد هواؤه، فصنعا منطاداً جديداً يبلغ ارتفاعه أربعين قدماً وجعلا غلافه من قماش اللف المغطى بالورق، وجعلا فتحته من أسفل. وعلقا تحت هذه الفتحة إناءً من الحديد ملئ قشاً وصوفاً منديين لكي تكون نارهما ضعيفة تساعد على الاحتفاظ بحرارة هواء المنطاد ثم خليا سبيله فصعد في

الهواء في شهر يونية سنة ١٧٨٣، وسبح فيه حتى غاب عن الأبصار يحمل معه رسالة الإنسان إلى السحب التي أوشك أن يقتحمها فاتحاً غازياً.

ووصلت باريس أنباء هذا النجاح العظيم، وقام كثيرون يقلدون هذا الاختراع الجديد، ويدخلون عليه تحويراً وتحسيناً. وصنع الأستاذ شارل منطاداً آخر من الحرير، وغطاه بطبقة من المطاط حتى لا يتسرب غازه إلى الجو. ثم ملأه بالأيدروجين، وأطلقه أمام جمع غفير من الناس فصعد في الهواء وغاب عن الأنظار. وبعد ذلك ببضعة أيام عاد الأخوان منجلفييه إلى باريس ومعهما منطاد ضخم يبلغ ارتفاعه اثنتين وسبعين قدماً وقيداه بالحبال، ووصلا به سلة كبيرة من الخوص وضعا فيها شاة وبطة وديكا. ثم أطلقاه بحضور الملك والملكة فسبح في الجو. ولما هبط إلى الأرض في إحدى بلاد الريف كان الديك في حالة إغماء عزاها البعض إلى عظم الارتفاع، وتفنن غيرهم فأكد أن الشاة دهسته، وأصر آخرون على أن البطة لابد أن تكون عضته، ولكن الديك أفاق وبذلك يكون الركاب الثلاثة قد وصلوا إلى الأرض سالمين.

وبدأ الناس بعد ذلك يتطلعون لرؤية ابن آدم يصعد محلقاً في السماء، وما جاء نوفمبر من السنة عينها حتى امتطى فرنسيان منطاداً نارياً (إن جازت هذه التسمية) وحلقا به في سماء باريس فوق نهر السين، وكان تحليقهما هذا فاتحة عصر جديد، وإيذاناً بانتصار الإنسان على الهواء، واقتراب اليوم الذي سيطير فيه عليه.

"وظهر بعد ذلك الأستاذ شارل الفرنسي بمنطاده الإيدروجيني، وكان قد هذبه في الفترة التي انزوى ليعمل فيها. فلتوزيع الضغط عليه بانتظام غطاه بشبكة تتدلى أطرافها فتحمل طوقاً من خشب شد إليه سبت أو سلة للركاب، وركب في قمة غلاف المنطاد صماماً يحركه الراكب في السبت بوساطة حبال،

فيسمح بذلك لبعض الغاز بالتسرب إلى الهواء فيثقل المنطاد أو بالأصح يقل رفع الهواء له. ووضع فيه بارومتر لقياس الارتفاع. وهكذا هذب شارل المنطاد حتى قربه من الشكل الذي هو عليه في أيامنا، وصعد بواحد من هذا النوع في ديسمبر سنة ١٧٨٣ مع راكب آخر وظلا في الهواء نحو أربع ساعات قطعا فيها نحو أربعين ميلاً، ثم أنزل الراكب واستأنف الصعود حتى وصل إلى علو أحس فيه بتأثير الارتفاع (برد وألم في الآذان) ففتح الصمام الذي أشرنا إليه ونزل بعد أن قضى في الهواء نحو نصف ساعة أخرى".

ولما وصل المنطاد إلى هذا الحد من التقدم، وعرف الإنسان كيف يحمله على الهبوط بفتح الصمام العلوي، وكيف يحمله كذلك على الصعود بتخفيفه برمي بعض ما به من أثقال تحمل كصابورة، لم يكن قد بلغ بعد كل ما كان يرجى له من تقدم. وظل كذلك سنين كثيرة. وقد قال بنيامين فرنكلين لما رأى أول منطاد إنه يرى طفلاً صغيراً يرجو أن يراه في المستقبل مارداً كبيراً. ولكن المنطاد ظل بعد ذلك تسعين سنة لم يدخل على بنائه خلالها أي تحسين حاسم. على أن رواد الهواء الشجعان عبروا بحر المانش من دوفر إلى كاليه، وسافروا من لندن إلى ألمانيا، وتم ذلك سنة ١٨٣٦ للإنجليزي جرين في منطاد كبير مملوء بغاز الاستصباح، ووصل رواد الهواء إلى ارتفاعات عظيمة فيه. ففي سنة ١٨٦٢ صعد إنجليزيان هما جليشر وكوكسويل إلى ارتفاع قدره سبعة أميال، وكان ذلك أقصى ارتفاع وصل إليه الإنسان إذ ذاك في منطاد. وارتفع النبض عندهما حتى بلغ ١١٠ بدلاً من ٧٠ أو ٨٠ فأكمد وجهاهما، وفقد جليشر إدراكه. ولم يستطع كوكسويل تحريك يديه من شدة البرد في هذه الطبقة العليا من الهواء، ولكنه ألهم أن يشد بأسنانه حبل الصمام فعاد هو وزميله سالمين إلى الأرض.

وفي خلال الحرب السبعينية التي شبت بين الألمانيين والفرنسيين أطلق

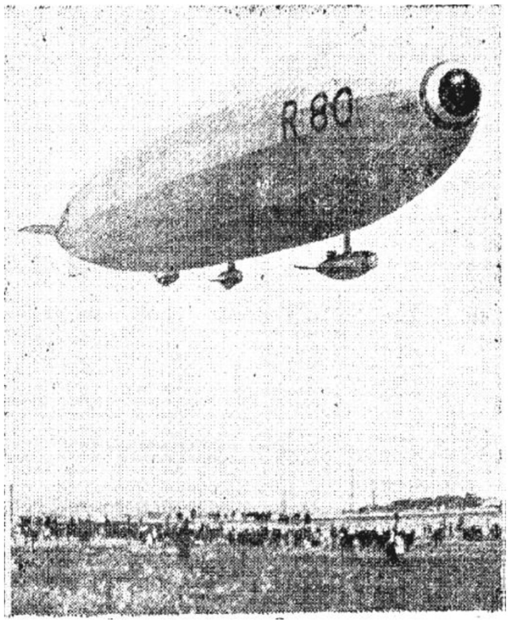
الباريسيون في الهواء عدداً من هذه المناطيد لما حاصر الألمانيون باريس. وحملت هذه المناطيد إلى المقاطعات الفرنسية من الخطابات نحو مليونين ونصف مليون. ولكن سكان هذه المقاطعات لم يستطيعوا الرد عليها إذ كيف كانوا يضمنون وصول منطاد إلى باريس. فليس مدهشاً إذن أن يسعى الفرنسيون لما انتهت هذه الحرب إلى إنشاء منطاد يمكن أن يقاد ويوجه إلى أية جهة تراد. وقد بنى أول منطاد من هذا الطراز سنة ١٨٧٢، وبنى الثاني بعد ذلك بإحدى عشرة سنة، ولكن هذين المنطادين لم يكونا محكمي البناء فلم تستطع محركاتهما البخارية أن تصعد بهما في الهواء.

المنطاد الميسر

وظل الأمر كذلك حتى اخترعت السيارات فعرف المهندسون الميكانيكيون كيف يبنون المحركات القوية التي تصلح لتسيير المناطيد. وفي هذا يظهر كيف تعاون طائفة من المخترعين طائفة أخرى. والمنطاد الذي يمكن تسييره في أي اتجاه يراد يسمى "سفينة هوائية". وقد بني في السنين الأخيرة كثير من هذه السفن الهوائية. وتبدو الواحدة منها في شكلها كالسيجارة. وقد ركبت في بعضها سلات مصنوعة من قضبان خفيفة من الصلب أو الألومنيوم لركوب الركاب. وقد أمكن أن تقطع هذه السفن الهوائية في رحلاتها الجوية آلاف الأميال.

ومن أشهر هذه السفن الهوائية تلك التي أنشأها سنة ١٩٠٧ الكونت زبلين الضابط الألماني. فقد بلغ طولها أربعمائة وعشرين قدماً، وبلغ ارتفاعها ثمانية وثلاثين. وكانت أسطوانية الشكل يغطيها حرير أو جلد من نوع خاص مشدود على هيكل مؤلف من قضبان من الألومنيوم. وقد قسمت هذه الأسطوانة ستة عشر قسماً محكمة حتى إذا ما ثقبت في أية جهة منها هبط هذا

المنطاد المسير ببطء إلى الأرض دون أن يصيبه أذى. وقد طار منطاد من هذا النوع في أغسطس سنة ١٩٠٨ إلى سويسرا طيرة استغرقت إحدى عشرة ساعة. ولما قفل راجعاً إلى ألمانيا هبت عليه عاصفة فانفجر واحترق، ولكن الآراء أجمعت إذ ذاك على أنه كان مشيداً على أساس سليم. ولذلك هب الألمانيون على الفور وشرعوا يبنون مجموعة مناطيد من هذا النوع، فابتنا نحو ثلاثين تلف أكثر من نصفها فلم يزدهم ذلك إلا خبرة وإيماناً بالمستقبل. وقد تجسم ذلك في شخص الكونت زبلن الذي لم يجعل لليأس سبيلاً إلى قلبه. ولم يفت عضده توالى الكوارث، ولم يزده الفشل إلا رغبة في التحسين حتى نجح الذي دفع بنى وطنه إلى أن يحترموه احتراماً قارب العبادة.



(شكل ١٠٩) منطاد حديث

واستعملت في الحرب العظمى مناطيد زبلن هذه بكثرة في أعمال الكشف في البحار وفي إلقاء القنابل على البلاد المعادية. وقد عانت أنتورب في بلجيكا

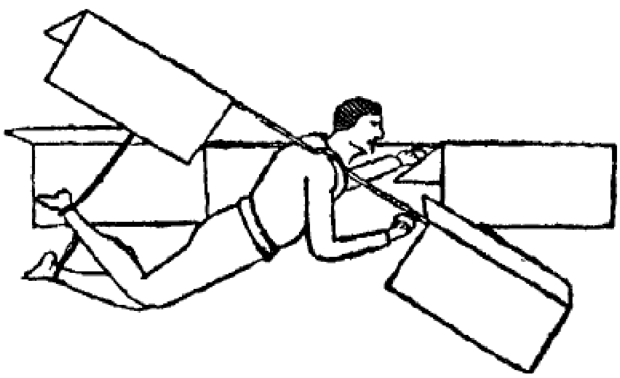
وبخارست في رومانيا من غارات هذه المناطيد ما عانت، ولم تنج إنجلترا من غاراتها في الليالي غير المقمرة. ولئن كانت ألمانيا قد بزت غيرها في بناء المناطيد المسيرة فإن دولاً أخرى لم تكن قد تخلفت عنها كثيراً في هذا المضمار. فقد أنشأت بريطانيا خلال الحرب عدداً كبيراً من السفن الهوائية الصغيرة المسماة "الباحثات عن الغواصات" أو "الكشافات البحرية" وقد كانت هذه نافعة جداً في كشف الغواصات، وذلك لأن البحر إذا نظرت إليه من ارتفاع عظيم بدا لك أكثر شفافية مما لو نظرت إليه من ارتفاع صغير، فضوء الجو المنعكس من الماء يكون أضعف ما يمكن إذا ارتد في نفس الاتجاه الذي انبعث فيه، أي حينما يكون اتجاه نظر الرائي عمودياً على السطح، ومن ثم يمكنك من المنطاد أن ترى الأجسام السوداء التي تكون غاطسة في الماء.

وابتنت بريطانيا العظمى منذ ذلك الوقت عدداً كبيراً من السفن الهوائية المسيرة. ومن هذه المنطاد ٣٤ الذي حلق في الجو ٥٦ ساعة فوق شواطئ بحر البلطيق قبل إمضاء معاهدة الصلح مع ألمانيا. وحدث بعد ذلك أن حلق فوق المحيط الأطلسي وأوغل فيه، ثم عاد بمن عليه وكانوا ثلاثين راكباً. ويبلغ طول هذا المنطاد ٦٣٩ قدماً، وسرعته ٥٥ عقدة في الساعة، وتسيره خمسة محركات قوة كل منها ٢٥٠ حصاناً، وتدار هذه المحركات بالبترول الذي يحمل المنطاد منه خمسة آلاف جالون تكفي لقطع أربعة آلاف ميل. ويمكن لهذا المنطاد أن يحمل ثلاثين طناً عدا وزنه البالغ ثلاثين طناً أخرى. وهو يحتوي على مليوني قدم مكعب من غاز الأيدروجين وبلغت نفقات بنائه ثلاثمائة وخمسين ألفاً من الجنيهات.

آلات الطيران

وبينما كان المخترعون مشغولين بإنشاء المناطيد حلت مسألة الطيران

بطريقة أخرى تخالف تلك على خط مستقيم. فلقد أبى كثيرون إلا أن يقلدوا الطير إلى حد ما في الطيران. ولقد حاول البعض كما قلنا أن يصنعوا لأنفسهم أجنحة لكي يطيروا بها، ولكنهم انتهوا إلى فشل ذريع وتعرضوا لخطر عظيم. فجسم الإنسان ثقيل بالنسبة لقوة عضلاته، والطيور في هذا الصدد أقوى منا لأن عظامها ركبت على نمط أيسر من نمط تركيب عظامنا، وغير محتمل بتاتاً أن نصل يوماً إلى تغيير تركيب عظامنا بحيث تلائم أغراض الطيران، بل لا نرى لزوماً لذلك. ولسباحة الجسم في الهواء طرق خاصة. فبعض الطير يسبح في الهواء زمناً طويلاً دون أن يحرك الأجنحة، وبعضها يسبح بتحريك الأجنحة، وكثيرون منا يعرفون كيف يجعلون إحدى ورق اللعب تسبح في الهواء بإكسابها حركة دوران سريعة.



(شكل ١١٠) فكرة قديمة للطيران

وكان الأستاذ لانجلي الأمريكي أول من أنشأ آلة صغيرة تستطيع أن تطير في الهواء، فقد وجد أن السطح المنبسط كلما تحرك بسرعة في الهواء في اتجاه أفقي احتاج لقليل من القوة لكي يرتفع في الهواء. وهذه القوة تختلف باختلاف سرعة السير، ولا بد من بلوغ هذه السرعة حداً أدنى قبل أن تصير القوة الرافعة مساوية لوزن الجسم الطائر. وقد أعد لانجلي نموذجاً على هذا الأساس مكوناً

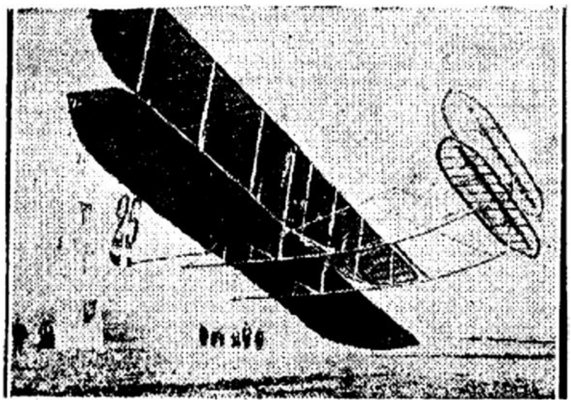
من جزءين أحدهما وراء الآخر، ثم جاء به إلى شاطئ بحيرة. وكان طول هذا النموذج خمسة أمتار وعرضه حوالي أربعة، وصنع له لانجلي آلة بخارية قوتها حوالي حصان ونصف حصان، ووزنها يقرب من ربع وزن النموذج كله. ثم طير هذا النموذج فطار فعلاً عدة أميال قبل أن يسقط في الماء. وإذ توطدت قاعدة الطيران هذه بدأ المخترعون يطبقونها.

وطار فتيان أمريكيان هما أورفيل وأخوه ولبر رايت على طائرة ذات محرك سنة ١٩٠٣ في كيتي هوك، وكان ذلك بحضور خمسة رجال. فكانا أول من طار من بني الإنسان في الهواء بهذه الكيفية. وفي سنة ١٩٠٦ طار سانتو ديومو البرازيلي في باريس الأول مرة في حفلة رسمية. وكان قد حول وجهته إلى الطيارة بعد أن أخفق في إنشاء المنطاد الحربي الذي طلبته الحكومة الفرنسية. ولكنه لم يطر إلا بضع مئات من الياردات في طائرته الأثقل في الهواء.

وكان السائد في ذلك الوقت أنه يستحيل تطيير آلة من تلك الآلات، ولكن هنري فارمان في ديسمبر سنة ١٩٠٧ نجح بطائرته في قطع دائرة كاملة في الهواء يزيد طول محيطها عن نصف ميل دون أن يهبط إلى الأرض. وفي يوليه سنة ١٩٠٨ ظل فارمان طائراً في الهواء عشرين دقيقة قطع في خلالها أحد عشر ميلاً. وزادت سرعة السير حتى بلغت ستين ميلاً في الساعة. وفي أثناء ذلك ذهب ولبر رايت إلى فرنسا. فأحدث مجيئه إليها دهشة كبرى عند الذين كادوا ينسونه لاهتمامهم بما يحدث حولهم في فرنسا. وصرف زمناً طويلاً في الاستعداد حتى كاد الشعب الفرنسي يتميز غيظاً من طول الانتظار. وأخيراً طار ولبر مدة دقيقين أول مرة، ثم اتبعها بعد أيام بطيرة أخرى استغرقت أربع دقائق، وجعلت مدة تحليقه تزداد ببطء حتى مضى شهر، وإذا بأنباء البرق ترد من أمريكا معلنة أن أخاه أورفل طار ومكث في الهواء أكثر من ساعة. وكأنما كان

ولبر ينتظر هذا الخبر بفارغ الصبر لكي يكون لأمريكا فضل السبق في هذا العمل على غيرها. وبعد قليل طار ولبر وظل طائراً أكثر من ساعتين قطع خلالهما نحو ثمانين ميلاً فسحر الناس وأدهشهم. وسمح للبعض بالركوب معه، وكان من بينهم سير بادن باول الكشاف الأعظم المعروف.

وفي يوليو سنة ١٩٠٩ عبر مهندس فرنسي هو لويس بليريو بحر المانش من كاليه إلى دوفر في ثلاث وثلاثين دقيقة بطيارة أنشأها هو نفسه، وتوارى عن الأنظار خلال طيرانه نحواً من عشر دقائق.



(شكل ١١١) أول طائرة من ذات السطحين وهي التي اخترعها رايت

وسارعت الحرب العظمى في تقدم بناء السفن الهوائية، وظهرت أنواع مختلفة للطائرات. فمنها ذات السطح الواحد والجناحين، وذات السطحين التي لها زوجان من الأجنحة يعلو زوج منهما الزوج الآخر، والطائرة البحرية ذات العوامات بدلاً من العجلات، والقارب الطائر. وتمت بهذه الطائرات أعمال عجيبة. فقد عبرت جبال البيرينيز وجبال الألب دون أن تثور عليهم نسور هذه الجبال، وبذلك تغلبت هذه الطائرات على ملوك الهواء. وعبرت بعد ذلك جبال الأندس وجبال همالايا موطن الثلوج. وعدا هذا فالطيارون أصبحوا يأتون

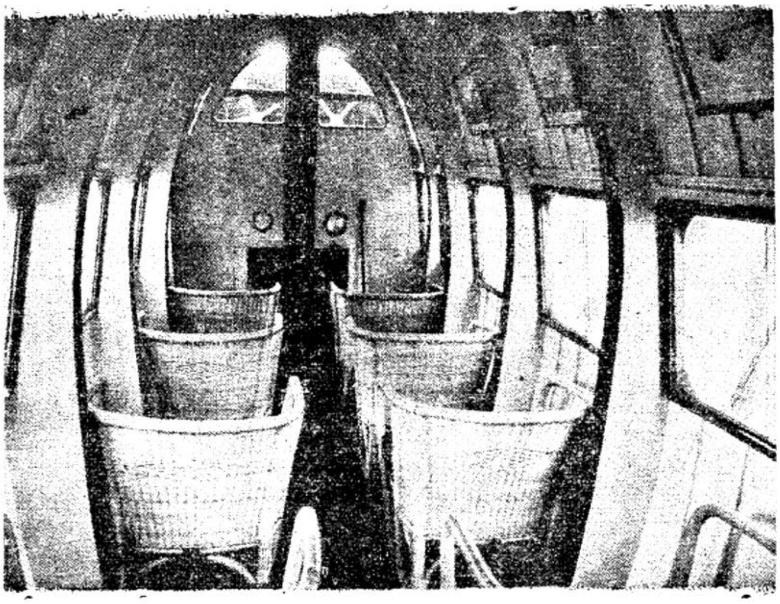
بطياراتهم من الألعاب البهلوانية المدهشة ما يثير الإعجاب. واستخدمت الطائرات في أعمال الكشف في الحرب العظمى، وقد مكنتها أجهزتها اللاسلكية من إرسال الإشارات لرجال المدفعية لتسديد الرماية، وقامت هذه الطائرات بإلقاء القنابل. وحدثت في مايو سنة ١٩١٧ أول غارة جوية من هذه الطائرات على لندن. وكانت أسوأ غارة تلك التي حدثت في يونية سنة ١٩١٧ حيث ألقى سرب من الطائرات الألمانية في وضح النهار القنابل التي قتلت كثيرين. ولم تخل ليلة من ليالي شهر سبتمبر القمرية في تلك السنة من إلقاء القنابل على إنجلترا. ولكن المدافع التي نصبت للإيقاع بالطيارات بمساعدة الأنوار الكشافة قد أوقفت هذه الغارات الجوية وجعلتها عديمة الجدوى. وحدثت آخر غارة جوية في شهر مايو سنة ١٩١٨ عندما كان الألمانيون يبذلون قصارى وسعهم لإحراز نصر عاجل.

ولما انتهت الحرب العظمى تحولت الطائرات إلى مجالات أخرى سلمية، فقد تم عبور المحيط الأطلسي بالطيارة حيث نجح الطيار الأمريكي ريد من فرقة سلاح الطيران الأمريكي في الوصول من أمريكا إلى لسبون عاصمة البرتغال طائراً، ثم إلى مدينة بليموث في إنجلترا. وقام الإنجليزيان هوكر وجريف برحلتهما عبرا محيط الأطلسي في مرحلة واحدة. ولكنها بعد أن قطعا ١٣٠٠ ميلا حدث خلل في الآلة فهبطا إلى الماء وكان نزولها بقرب باخرة دنمركية صغيرة انتشلتهما وأوصلتهما إلى اسكتلندة بعد أن انقطعت أخبارها، وبعد أن ساد الاعتقاد بهلاكهما.

أما عبور المحيط في طيرة واحدة فقط تم على يد سير جون ألكوك وسير وتن براون في يونية سنة ١٩١٩، فقد عبراه في خط مستقيم تقريباً يصل ما بين أمريكا وإنجلترا في نحو ١٦ ساعة على طيارة من طراز فيكرز وفيمى من ذات

المحركين اللذين من طراز رولزرويس.

وفي أواخر سنة **١٩١٩** تم الطيران من إنجلترا إلى أستراليا على يد سير روس سمث وشقيقه سير كيث سمث ورفيقين لهما في ظرف ثلاثين يوماً على طائرة من طراز فيكرز وفيمى. ومنذ ذلك الوقت كثر عبور الطيارين للمحيط الأطلسي من الغرب إلى الشرق، وفي سنة **١٩٢٨** تم عبوره من الشرق إلى الغرب.



(شكل ١١٢) محل الركاب في طائرة حديثة من طراز فيكرز

وصنعت أول طائرة من الخشب، ولكن في سنة **١٩١٩** كان قد تم صنع أكثر من ألف طائرة من المعدن، واقتنع الخبراء بإمكان صنع طائرات تزن الواحدة منها ألف طن. ووصلت سرعة الطائرات الآن إلى مائتي ميل في الساعة مع أن أقصى سرعة بلغتها سنة **١٩١٩** كانت مائة وخمسين ميلاً. ولو كان في الإمكان الصعود في طبقات الجو العليا إلى ارتفاع قدره خمسون ميلاً لما أبدى

الهواء عندئذ مقاومة تذكر، ولبلغت السرعة ألف ميل في الساعة فتستطيع بذلك أن تسير طيارة حول الأرض دون أن ترى الشمس تغرب.

وبعد فقد استكشف الإنسان لنفسه طريقاً جديداً لأسفاره، وهو طريق يؤدي إلى كل مكان، ولا يحتاج لتمهيد أو إصلاح من آن لآن. وبذا ابتدأ عهد جديد لتقدم المدنية. وسيكشف لنا المستقبل ما إذا كنا سنتخطى حدود كوكبنا الصغير الذي نقيم عليه ونعني به هذه الأرض، فنفلت منه إلى ذلك الفضاء الكائن ما بين الكواكب والنجوم، أو سنبقى في كوكبنا هذا محبوسين إلى أن يشاء الله.

الفصل العشرون

الغواصة

المكان الطبيعي لسير السفن هو سطح ماء البحر أو ماء النهر، وإن أسلافنا الأقدمين ما كانوا يتوانون عن الضحك لو حدثهم أحد باستطاعة سير السفن تحت الماء، بل إنهم كانوا يتبعون الضحك بالسخرية من الحديث وصاحبه، فأين الهواء الذي يستنشقه البحارة وهم تحت الماء؟ وكيف يستطيعون أن يشقوا طريقهم في ظلام الأعماق؟ بل أنى لهم أن يديروا أية آلة بخارية دون وجود الهواء، والنار كما نعلم لا تشتغل إلا إذا وجد الهواء؟ وآلات الاحتراق الداخلي التي تدار بالبترول أو بالبنزين تحتاج للهواء لكي يتحد ببخار البترول أو بخار البنزين ويسبب الانفجار الذي يدفع بالآلة إلى الحركة. ونرى ذلك في السيارات ورافعات المياه البترولية. فكيف تستطيع إذن سفينة أن تسير في جوف الماء؟

لقد استطاع الأقدمون الغوص تحت الماء في ناقوس الغوص، ولكن هذا الناقوس لم يكن سفينة تجري بل كان وسيلة للبقاء تحت الماء في مكان مختار لإنجاز عمل خاص. ولقد وصف أرسطو ناقوساً من هذا النوع استعمل في حصار بلدة صور منذ أكثر من ألفي سنة، ونراه في وصفه يشير إلى غواصين مجهزين بأنبوبة للهواء "تشبه خرطوم الفيل" يصل إليهم الهواء اللازم من خلالها. ويقال إن الإسكندر الأكبر استخدم الغواصين في الحروب. ونرى بلايني يتحدث عن جهاز غوص عظيم، ويشير بيكون إلى أنابيب الهواء التي استعملها الغواصون.

وحدث سنة ١٥٧٩ أن اخترع وليم بورن من رجال المدفعية الإنجليزية قارباً غواصاً ذا مفاصل جلدية تتسع وتضيق حسب الإرادة بوسائل آلية، وبذلك يكبر حجم القارب ويصغر حسب الإرادة. فإذا أراد السير على سطح الماء جعل القارب في أكبر حجومه، وإن رغب تغطيسه في الماء صغر حجمه فلا يستطيع أن يدفعه الماء إلى أعلى فيهوى إلى الأعماق، منقاداً في حالتي طفوه وانغماره لقاعدة أرشميدس. ولكن كيف استطاع هذا الرجل أن يتنفس وهو تحت الماء؟ لقد ركب في قاربه سارية مجوفة ترتفع حتى سطح الماء حيث الهواء. وظاهر أن قمة هذه السارية أو الأنبوبة لا بد أن تكون دائماً متصلة بالهواء.

وفي عصر الملك جيمس الأول اخترح هولندي يدعى كونيليوس فان دربل، وكان قد أقام في إنجلترا بعد سنة ١٦٠٠، قوارب غواصة جربها في نهر التايمز. ويقال إن الملك جيمس صحبه في إحدى سياحاته تحت الماء. وفي سنة ١٦٢٦ أباح الملك شارل الأول لهذا المخترع نفسه أن يبني "قوارب تسير تحت الماء" وأن يصنع كذلك "ألغاماً وأسهماً نارية مائية". واقترح هذا الرجل على الملك شارل بناء غواصات لكي يستعملها في حربه ضد فرنسا. لكن شيئاً من ذلك لم يتم.

واستعملت الغواصات لأول مرة في حروب الاستقلال الأمريكية أي منذ أكثر من مائة وخمسين سنة، فقد صنع أمريكي يدعى بوشنل غواصة صغيرة من الخشب تستطيع أن تسبح في جوف الماء حتى تصل إلى ما تحت قرار إحدى السفن المعادية، وهناك تترك لغماً لنسفها. وكانت السفن الحربية في تلك الأيام تصنع من الخشب، فكان راكب الغواصة يستطيع أن يدق في قرار السفينة مسماراً يربط به حبل قنبلة أو لغم ينفجر بعد مضي زمن معين، وذلك بوساطة تركيب آلي خاص.

وبذل المخترعون جهوداً أخرى في بناء الغواصات، ولكنهم لم يجدوا التشجيع الكافي، وكانت بعض هذه الغواصات الأولى تسير تحت الماء بالمجاذيف، وبعضها بمحركات تديرها الأيدي والأرجل. واخترع الأمريكي الشهير روبرت فلتون، وهو الذي اخترع أول سفينة بخارية أمريكية، غواصة يشبه هيكلها الغواصة الحديثة أي كالسيجارة، لها محرك يدار بالأيدي، وغاص بها في برست وبرفقته ثلاثة رجال إلى عمق خمس وعشرين قدماً تحت الماء، واستطاع أن ينسف سفينة عتيقة. وغاص مرة أخرى في نهر السين وصحبه رجلان وظلا تحت الماء عشرين دقيقة. ثم غاص وحده تحت الماء وظل ساعات متواليات بعد أن حمل قاربه هواء مضغوطاً. وقدم اختراعه هذا لفرنسا وإنجلترا وأمريكا ولكنه قوبل بالرفض من الجميع.

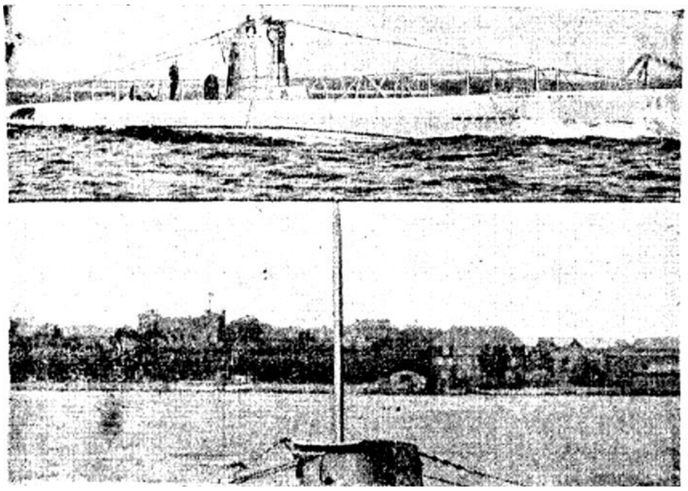
وفكر أمريكي آخر سنة ١٨٢١ هو الكابتن جونسون في أن ينقذ نابليون من أسره في جزيرة القديسة هيلانة. وأنشأ لذلك غواصة طولها مائة قدما، ولكن نابليون وافاه أجله قبل أن تعد هذه الغواصة للسفر. أما الغواصة التي استعملها الأمريكيون في حرب الاستقلال لنسف السفن البريطانية فقد اخترعها بوشنل الأمريكي، وكانت تسمى "سلحفاة" وهي عبارة عن قارب صغير لا يسع إلا شخصاً واحداً. ومن الغريب أن هذا الرجل هو الذي اخترع ما يسمى "عمود الأمن" الذي يطلقه عند اللزوم إذا ما أصاب الغواصة عطب. وقد أخذ الفرنسيون والأمريكيون عنه هذه الفكرة لما بدأوا يصنعون الغواصات بعد ذلك. ولكن استعمال "السلاحف" هذه في نسف السفن كان يعرضها هي وراكبها للخطر فتنسف مع السفينة المنسوفة.

واخترع مهندس سويدي غواصة تسيرها آلة بخارية، ومعقول أن تسير غواصة على سطح الماء بالآلة البخارية، ولكن كيف تسنى له أن يسير بها في

جوف الماء؟ كان حينما يبدأ الغوص يطفئ النار معتمداً على ما تبقى من البخار في المرجل وتوابعه. ومعنى هذا بالطبع أنه لا يستطيع السفر طويلاً تحت الماء، إلا أنه مع ذلك كان أول من سير سفينة تحت الماء بوساطة آلة محركة.

وبدأ الفرنسيون سنة ١٨٨٩ يخترعون غواصات يمكن الاعتماد عليها. ومن حسن الحظ أن المحركات الكهربائية كانت قد اخترعت إذ ذاك فساعده في هذا السبيل مساعدة عظيمة، ولقد مر بنا كيف أن المحركات الكهربائية يمكن أن تدار بالبطاريات التي لا تحتاج إلى هواء كما تحتاج الآلات الأخرى. وكانت أولى الغواصات الفرنسية في حجم القارب العادي الصغير، وتسع رجلين أو ثلاثة على الأكثر. ثم بدا لهم وجوب تكبير حجم الغواصة فمضوا يكبرون الحجم يوماً بعد يوم حتى بلغ طول الواحدة منها مائة قدما. واستطاعت غواصة فرنسية أن تقترب من سفينة فرنسية حربية كبيرة، وأن تربط بأسفلها لغماً غير محمل بالبارود على غرة من بحارة هذه السفينة.

وبينما كان الفرنسيون ينشئون هذه الغواصات التجريبية كان الأمريكيون من جهة أخرى ماضين في سبيلهم يجرون تجارب في هذا الصدد. ولم يقل نجاحهم فيها عن نجاح زملائهم الفرنسيين. ولما رأى الإنجليز أن الغواصات قد وصلت إلى هذا الطور العملي بدأوا هم أيضاً ينشئون الغواصات محتذين السبيل عنه. وفي ذلك الوقت اخترع "برج الدخول" وهو عبارة عن قبة قطرها قدمان وارتفاعها قدم ونصف قدم، منها يدخل البحارة إلى جوف السفينة، ثم تدرج هذا البرج حتى صار البحارة يصعدون إليه على سلم.



(شكل ٢١٣) صورتان التقطتا في ميناء كبيل للغواصة الألمانية رقم ٨ وهي أحدث وأعظم الغواصات الألمانية

ونحن إذ نرقب غواصة سائرة على سطح الماء نراها تبدو لنا كأنها سحابة من رشاش أبيض تتحرك بسرعة على السطح. وإذا ما تسلق جميع رجالها البرج وهبطوا منه إلى الداخل فإن غطاءه أو قبته تقفل بإحكام، ثم تمرق الغواصة إلى الأمام وبعدئذ تهبط في الماء وتنغمر فيه فلا يظهر منها إلا برجها. فكيف غاصت في الماء؟ إنها غاصت عن طريق تثقيل جسمها، وذلك بملء صهاريج فيها بماء البحر بوساطة مضخات خاصة، فيثقل وزنها وتغطس في الماء. ويقف كل رجل من رجالها في مكانه المعين له، ويبقى فيه ما دامت الغواصة في جوف الماء. ويظل البحارة بجوار المضخات على استعداد لملء الصهاريج بماء البحر لتكبير ثقل الغواصة حتى تهوي إلى العمق المطلوب. ويقف بعض البحارة بجوار المحركات الكهربائية التي تسير الغواصة تحت الماء فكأنما هي سمكة كبيرة الجرم. ويلازم بعض البحارة الأنابيب التي تنطلق منها قذائف التوربيدو المدمرة لكي يطلقوها عند اللزوم.

جولة في غواصة أثناء الحرب

ولنفرض أننا الآن داخل غواصة في جوف البحر، فهل نتوقع أن يكتنفنا السكون من كل جانب؟ كلا بل يكاد الركاب لا يسمعون شيئاً من فرط جلبة الآلات. وكل فرد منهم منتبه لعمله يؤدي على الفور كل ما يؤمر به. ولا يرى أحد منهم ما يحدث عند السطح إلا الضابط الذي يجلس عند المنظار يقود الغواصة.



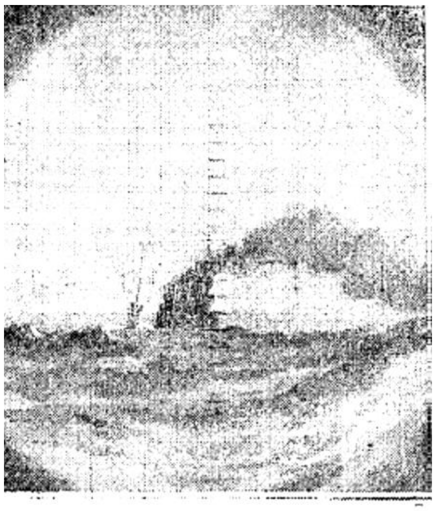
(شكل ١١٤) ضابط الغواصة ينظر خلال منظار عين الغواصة

وقد تسألني عن قفص الجرذان البيضاء الذي يوضع بجرذانه عادة في قلب الغواصة، فأقول لك إنه الآن غير موجود. فالبحارة في الواقع كانوا يأخذون معهم هذه الجرذان لأنها أسرع من الإنسان في إدراك وجود الغازات أو الأبخرة السامة أو التي لا تساعد على التنفس. فإذا ما بدأت هذه الجرذان صئيها عرف البحارة أن الوقت قد آن للصعود إلى السطح لتجديد الهواء. أما اليوم فقد استبعدت هذه الجرذان لأن الغواصات أصبحت مجهزة أدق تجهيز، وفيها من سبل الوقاية ما لا يصح أن يذكر بجانبه وجود الجرذان.

هوت الغواصة إلى جوف الماء، وكل في مكان عمله لا يدري مصيره، يأتمر الكل بأمر الضابط الموكول إليه أمر المنظار ويظلون تحت رحمته. فهو الذي يقرر متى يصعدون إلى السطح آمنين وإلى متى يظلون مختفين عن الأنظار. وتسير الغواصة في منطقة الحرب آمنة مطمئنة إلى أن يرى الضابط عوامة حمراء تعدو

وراء الغواصة، وتلازمها أنى سارت.

فإذا ما رآها تتبعه أينما اتجه يدرك على الفور أن الغواصة قد أمسكت بسلسلة هذه العوامة. ثم يلاحظ أن ثمت باخرة تعدو في أثر العوامة، فيذهب إلى جهاز إدراك الأصوات فيسمع أصوات قاذفات التوربيدو وهي تقترب من غواصته تريد اقتناصها أو إغراقها. ثم يعود إلى منظاره فيرى خمساً من هذه القاذفات تحيط بالغواصة من علٍ، فيصدر أمره إلى البحارة لكي يملأوا الصهاريج، فتهوي الغواصة إلى منسوب أعمق.



(شكل ١١٥) ما يراه الضابط وقد أطلقت غواصته قذيفة على باخرة فأغرقتها

ثم إذا بركاب الغواصة يشعرون أنها تندفع بهم إلى الأمام ثم تعود إلى الوراء بشكل غريب. فيدهشون لذلك لأنه لو جاز عند سطح الماء فهو لا يجوز في الأعماق. ولكن ذلك يدل على أن شبكة من شباك العدو قد اقتنصت الغواصة. فهل يسلم الضابط دون دفاع أو أية محاولة؟ كلا. إنه قد يمكث ساعة أو أكثر وهو يهز الشبكة هزاً عميقاً عنيفاً لكي يفلت منها، ولكنها مصنوعة

من صلب متين، وإذن فلا بد من زيادة ثقل الغواصة إلى أكبر حد ممكن أملاً في تفكك الشبكة فتفلت الغواصة منها. وتبدأ المضخات عملها فتملأ الصهاريج. وما هي إلا فترة بعدها تشعر الغواصة بهزة عنيفة فجائية ترجها رجاً، فيعرف ركابها أنها قد أفلتت من الشبكة وأنهم صاروا أحراراً مرة أخرى.

وفي خلال هذا الكفاح أو تلك المعركة تختل البوصلة والأجهزة الأخرى فيعيدها البحارة إلى حالتها الأولى، وتبقى الغواصة في جوف الماء حتى يتأكد الضابط القائد من زوال الخطر فيصدر أمره بالصعود إلى السطح. وعندئذ يبدأ البحارة في تفريغ الصهاريج بالتدريج وفي غير ضجة حتى لا تلتفت إليهم أنظار العدو المهاجم المطارد الذي قد يكون قريباً منهم، وإلا اضطروا للغوص مرة أخرى والسير تحت الماء حتى يبتعدوا عن منطقة الخطر.

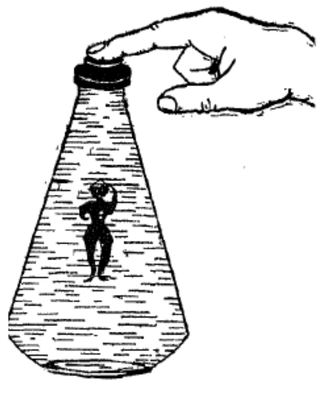
في خصائص الغواصات

قد يسأل سائل هل تستطيع الغواصة أن تصعد إلى السطح من الأعماق في حالة ما لو تلفت المضخات؟ والجواب أن الغواصة في هذا الصدد لا تعتمد على المضخات وحدها لتفريغ الصهاريج. فالمضخات تستخدم في إرغام ماء البحر على الدخول في الصهاريج، ولكنّ في كل غواصة مقداراً كبيراً من الهواء المضغوط المخزون، وهذا هو الذي يستطيع بسهولة أن يرغم الماء على الخروج.

ولتقريب ذلك إلى الفهم نتقدم بتلك اللعبة القديمة المعروفة وهي لعبة الغواص الزجاجي الذي يسبح في قارورة مملوءة ماء، وفوهة هذه القارورة مغطاة بقطعة من المطاط المتين تمنع هذا الغواص السجين من مغادرة الماء. ولكن كيف استطاع هذا الغواص أن يعتدل في وقفته؟ ذلك لأنه مجوف ولأن قليلاً من الماء يستقر في جوفه فيجعل قدميه تتجهان إلى أسفل. ولئن ضغطت بإصبعك على قطعة المطاط هذه رأيت الرجل يهبط حتى يصل إلى قرار القارورة. ومتى ما

رفعت إصبعك ارتفع الرجل أيضاً. وتستطيع أن تجعل الرجل يهبط إلى أي عمق تريده، وذلك بتغيير مقدار ضغط الإصبع. ولكن ما علاقة هذا كله بالغواصات؟ علاقة ذلك أن القاعدة التي على مقتضاها يهبط هذا الرجل أو يعلو هي نفس القاعدة التي على مقتضاها تهبط الغواصة أو تعلو؛ فالذي يحدث للرجل عندما تضغط بيدك الغطاء المطاطي هو أنك تدفع ببعض الماء إلى الدخول في جوفه من خلال ثقب صغير جداً فيه. فإذا ما دخل الماء في جوفه ثقل وزنه وغطس. ولما كان هذا الرجل الزجاجي الأجوف مملوءاً بالهواء، فإن الماء يضغط هذا الهواء فيقل حيزه مخلياً الطريق للماء، وذلك عند ضغط الإصبع. وعند رفع الإصبع يقل الضغط على المطاط، ثم على الماء والهواء المحبوس، فيدفع هذا الهواء المحبوس الماء الذي دخل في جوف الرجل إلى الخروج، وبذلك يستعيد خفة وزنه الأولى فيرتفع إلى السطح.

وأما في الغواصة فنحن ندفع الماء إلى الصهاريج بوساطة المضخات فتغوص في الماء، فإذا أريد رفعها إلى السطح فكل ما يصنعه بحارتها أن يفتحوا صمامات خاصة تصل الهواء المضغوط بالصهاريج، فيدفع هذا الهواء المضغوط الماء إلى خارجها وترتفع الغواصة من ثم.



(شكل ١١٦) لعبة الرجل الزجاجي

وقد يسأل سائل كيف يعرف قائد الغواصة العمق الذي هوت إليه غواصته، فنقول له إن هذا يسهل إدراكه عن طريق مقياس ضغط أومانومتر. فالسطح الخالص لهذا المقياس يتصل بماء البحر، وكلما تعمقت الغواصة زاد ضغط الماء عليه. وعلى ذلك يرغم بعض الماء على الدخول في هذا المقياس. وتتساوى الضغوط عند الأعماق المتساوية. والمقياس مدرج، ومن نظرة واحدة إلى موضع سطح الماء في المقياس يستطيع القائد أن يعرف بالضبط العمق الذي هوت إليه غواصته في جوف الماء. ولهذا المقياس ميناء مدرجة وعقرب يتحرك بحسب ارتفاع الماء وانخفاضه في المقياس.

وقد يسأل آخر كيف يتمكن القائد من المحافظة على اعتدال غواصته في وضع أفقي تحت الماء، والواقع أن هناك بندولاً هو الذي يساعد على ضبط الغواصة في الوضع الصحيح فإذا ارتفع مقدم الغواصة إلى أعلى قليلاً فإن ثقل البندول يميل ناحية مؤخرتها، والعكس بالعكس، أما إذا كان البندول مستقيم الوضع عمودياً على سطح الغواصة فإنها عندئذ تكون في وضعها الصحيح المعتدل. ولكن هب أن قائد الغواصة رآها قد ارتفعت أو انخفضت بمقدمها فكيف يعيدها إلى الوضع الصحيح؟ إن لديه فيها دفتين على الجانبين من ناحية المؤخرة، وهاتان الدفتان تنبثقان من الجانبين في اتجاه أفقي، وهما غير رأسيتين كالدفة العادية. فبتحريك هاتين الدفتين يستطيع القائد أن يجعل الغواصة تعلو أو تنخفض من جهة المقدمة حسب الإرادة، وبهاتين الدفتين ومراعاة البندول يستطيع القائد أن يجعل الغواصة في الوضع الذي يريده مهما كانت غائرة تحت سطح الماء.

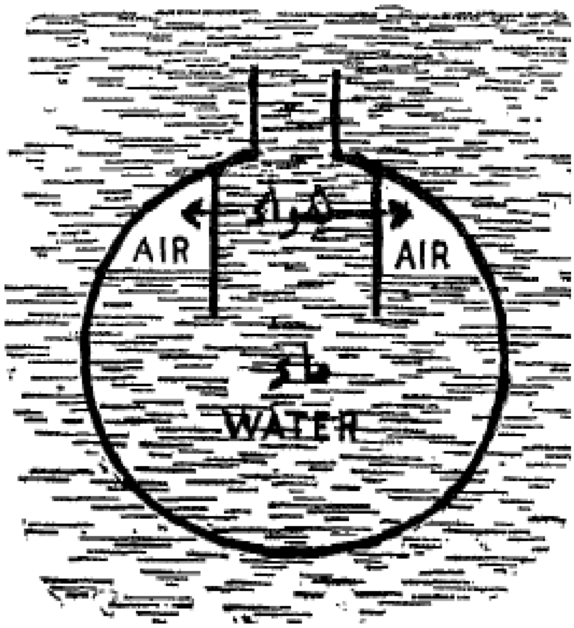
بعد هذا نعود إلى ما يقذف إلى خارجها من قذائف التوربيدو المدمرة، فكيف تخرج منها هذه القذائف وهي تحت الماء دون أن يندفع الماء إلى جوفها؟

الواقع أنه توجد على جانبي الغواصة أنابيب لقذف التوربيدو. ولكل أنبوبة من هذه الأنابيب بابان محكمان واحد عند كل طرف، فبعد أن تعد الغواصة في الوضع المناسب للقذف يفتح الباب الداخلي ويبقى الخارجي مغلقاً، ثم توضع القذيفة في الأنبوبة وبعدئذ يغلق الباب الداخلي ويفتح الخارجي ثم تطلق القذيفة.

أما مسألة التنفس فنحن نعرف أن الغواص وهو في لباس الغوص يحصل على إيراد منتظم من الهواء الوارد إليه من السطح. وهذا الهواء يضخ إليه من قارب بوساطة مضخة هواء خلال أنابيب من المطاط تصل الغواص بالمضخة. وظاهر أن هذا غير ميسور مع الغواصة، لأن الأساس فيها أن تكون مستقلة عن أية سفينة أخرى، وأن تقترب من سفن العدو دون أن يراها أحد؛ ولذلك فإن الهواء يخزن في أوان خاصة يسحبونه منها عند اللزوم. وهم لا يفتحون صمامات لكي يصل الهواء إليهم بل توجد أنابيب ذات صمامات يخرج الهواء منها إليهم باستمرار. وهذا وحده يكفي لمدهم بالهواء اللازم للتنفس. ولا يخزن الأكسجين في الأسطوانات بدلاً من الهواء لأن استنشاق الأكسجين يزيد في نشاط مستنشقه، وقد يثيره. والمفروض في بحارة الغواصة أن يظلوا هادئين وادعين.

وهل يستطيع البحارة أن يتخلصوا من الغواصة إذا حدث أن أصابها عطب فغرقت؟ والجواب أنه يمكن إنقاذهم في بعض الحالات. ولكن إذا حدث أن غرقت الغواصة في مكان عميق فإن الأمل في إنقاذهم ينعدم. وقد اخترعت وسيلة للإنقاذ في الحالات الممكنة وجربت في أحواض التجارب البحرية. وذلك أن توضع غواصة في أسفل الحوض تسمى "الغواصة الخرساء" وفيها يقوم البحارة بإجراء التجارب. فيلبس البحارة كمامة وصدرية خاصتين بالغوص، ثم

يفتح برج الدخول ويرتفع سابحاً إلى سطحه. ولكن قد يعترض معترض بأن الماء يندفع إلى الغواصة فيملؤها فلا يجد البحار هواء يستنشقه وقد يحدث هذا حقيقة إلا إذا وجد بالبحار الهواء اللازم له في الغواصة المعطوبة. وهذا ينحصر في جهتين منها وتكون الغواصة كالكوب المنكس في الماء والذي فيه بعض الهواء، والواقع أنه إذا حدث ثقب في أعلى الغواصة فإن الماء يندفع إلى داخلها وتحبس في بعض جهاتها مقادير من الهواء. ففي هذه الأجزاء التي يحبس الهواء فيها توضع كمامة الغوص وصدريته. ولا يخفى أن في الكمامة بعض المواد الكيماوية التي تخرج الأكسجين. فإذا ما انتهى البحار إلى ذلك سعى لكي يخرج من الغواصة خلال الفتحة. فإذا ما خرج طفا حتى بلغ السطح ونجا.



(شكل ١١٧) كيف يحبس الهواء في غواصته

والغواصة ما دامت معلقة في الماء فهي لا تقف في مكان، وإلا فإنها ترتفع إلى السطح. ولا يمكنها أن تقف تحت الماء إلا إذا أدركت القاع فاستقرت

عنده. وهي قد تقف عند أي عمق ولكن عن طريق المرساة. وهذا صعب بلوغه. وفي بعض الغواصات تربط أجسام تسمى "قرينة الأمن" وهذه يمكن إطلاقها في حالة حدوث حادث، فتستطيع الغواصة أن ترتفع إلى السطح، وذلك في حالة تعذر طرد الماء المتخذ كصابورة.

وأما سرعة الغواصة فواضح أنها عند السطح تكون أكبر منها في جوف الماء، لأن الغواصة في الحالة الأولى تسير بالآلات البترولية، أما تحت الماء فتعتمد في حركتها على البطاريات الكهربائية التي تدير المحركات الكهربائية. وتبلغ السرعة عند السطح عشرين ميلاً في الساعة، أما في جوف الماء فلا يمكن أن تزيد عن نصف هذه السرعة.

وأطول مسافة تستطيع الغواصة قطعها وهي سائرة بأكبر سرعة ثلاثة آلاف ميل، ولكنها تستطيع أن تقطع ضعف هذه المسافة لو أنها سارت بسرعة منخفضة وذلك لأنه كلما زادت السرعة كان الوقود المستهلك أكثر.

ولم تعد صناعة الغواصات بعد ذلك عقدة من العقد المستعصية، فقد أصبح بناؤها ميسوراً جداً، وإعدادها ميسوراً أيضاً. وإنما عقدة العقد في المستقبل هي كيف تتقي الغواصات في الحروب وكيف تصد عن الهجوم. على أنه لو تغلبت الإنسانية على ميول الشر جميعها أصبحت الغواصة أداة نفع عظيم لا مجلبة لشر مستطير.

الفصل الحادي والعشرون

المحركات الشمسية

وقف اثنان يوماً يرقبان قطاراً سائراً من قطار السكة الحديدية فسأل أحدهما زميله:

قال "وما الذي يحرك القطار؟" فأجابه "القاطرة".

قال "وما الذي يحرك القاطرة؟" فأجابه "البخار".

قال "وما الذي يحدث البخار؟" فأجابه "الفحم".

قال "وما الذي يحدث الفحم؟" فأجابه "الشمس".

والواقع أن أشعة الشمس "المعبأة" التي تحرك القاطرة قد خزنت منذ ملايين السنين في الغابات الكثيفة التي كانت تغطي سطح الأرض في ذلك الوقت. وأشعة الشمس هي التي تبني كل يوم منسوج النبات، وهي التي تنميه. ومن التغيرات الجيولوجية التي عمت الأرض في القديم وقف هذا النمو في بعض الجهات، وانسحقت المزروعات من كثرة التكدس، وتحولت إلى حفريات من جراء الضغوط الشديدة الحادثة من تراكم الصخور وغيرها من أنواع الردم. ونحن اليوم نرمي "بالماس الأسود" في الأفران والوجاقات نطلب الحرارة والقوة. وذلك تراث ورثناه من قديم الزمان، من يوم أن نزع الإنسان الأول إلى إيقاد النار جاهلاً مصدرها الحقيقي.

ونحن نرى تأثير الشمس بشكل مباشر ظاهر في حركات الريح والماء، وإذا لم تكن الشمس هي التي بتأثيرها الحراري تصنع لنا البرد والثلج، وتلقي بالمطر

على النجود والجبال في جميع أنحاء العالم، لما رأينا مساقط للمياه ولا سيولاً متدفقة ولا أنهاراً ولا نهيرات يجري ماؤها فينتعش به الحيوان والنبات والإنسان. ولولا أن الشمس تسخن الجو أيضاً بدرجات مختلفة لما كان هناك نسيم للبر ولا للبحر، أي لما حل الهواء البارد العليل محل الهواء الساخن اللافح.

إنما نحن نقحم الشمس في خدمتنا حينما نحرق الوقود، ولكن بطريق غير مباشر. وعدا هذا فإن الطواحين الهوائية والمائية قد اتخذت من الشمس خادماً طيعة. ولقد قام في السنين الأخيرة جماعة من العلماء حذرونا مغبة الإسراف في استعمال الفحم كوقود منذرين بأنه لا بد من يوم ينضب فيه معين هذا الفحم بعد زمن محدود قد يبلغ قروناً، فلا يملك أبناؤنا في الأجيال القادمة شيئاً من ذلك التراث الذي أضعناه، والذي لعب دوراً مهماً في الحياة. على أنه ليس هناك ما يضير الخلف من نفاد الفحم فإن في الرياح والأنهار، وفي الشمس نفسها، المدد المطلوب متى ما أحسن استخدامها. ولا تتطلب الشمس اليوم مجوساً يعبدونها بل تتطلب علماء موهوبين يستثمرونها.

المس بيدك جسماً تعرض لحر الشمس صيفاً أو شتاء تشعر على الفور بالحرارة، أو ركز حزمة من أشعة الشمس واستثبتها في نقطة بعدسة لامة فوق يدك فسرعان ما تسحبها من فرط ما تشعر به من الحرارة. وكلنا نعلم كيف تستخدم أمثال هذه العدسات في إيقاد سيجارة أو حرق ورقة أو قطعة من الخشب. ثم تصور بعدئذ أن لديك عدسة يبلغ قطرها عدة أقدام تركز لك أشعة الشمس في نقطة وضعت فيها مرجلاً (قزاناً) فإن هذا الرجل يسخن ويتحول ماؤه إلى بخار. وقد يقاد هذا البخار إلى أسطوانات ويرغم على أداء عمل ما.

وهل نستطيع نحن أن نقدر تلك الطاقة الشمسية العظيمة المنبعثة لنا من الشمس في يوم من أيام الصيف القائظ؟ لقد قدرت الحرارة الساقطة في المناطق

الحارة على القدم المربع الواحد من سطح الأرض بأنها تعدل ثلث حصان بخاري، وعلى ذلك تكون القدرة المستمدة من أشعة الشمس الواقعة على ميل مربع أكبر كثيراً من القوة المستمدة من شلال كشلال نياجارا. وقد يمكن تسيير باخرة بالحرارة التي تتلقاها من الشمس على سطحها لو أمكن تهيئتها بالكيفية المناسبة.

أول آلة شمسية

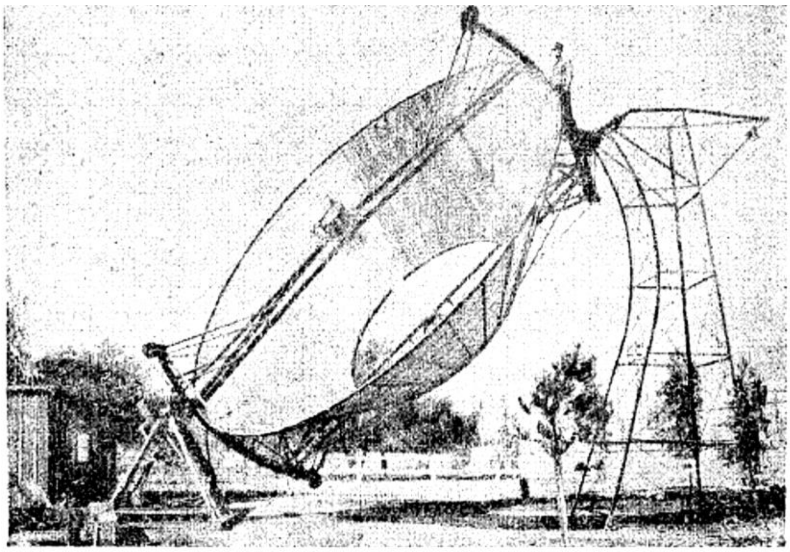
ولقد حاول المخترعون منذ قرون أن يستخدموا هذه القوة الهائلة الضائعة عبثاً. وقد سبق أن ذكرت في الفصل الأول عند الكلام على العالم أرشميدس ما رواه الرواة عنه من أنه أحرق السفن الرومانية التي حاصرت بلدة سرقوسة، وذلك بتركيز حرارة الشمس الساقطة على مئات من المرايا ثم تسليط الأشعة بعد انعكاسها منها على السفن. وقد يكون فيما رواه الراوون في هذا الصدد شيء من المبالغة، ولكن الرواية تظهر في جلاء أن الأقدمين قد تنبهوا إلى قوة الشمس الحرارية وأرادوا الانتفاع بها.

على أن أول آلة عظيمة في الوجود كانت من اختراع رجل إنجليزي يدعى أريكسون، فقد ركز حرارة الشمس على مرجل بخاري، فأعطى ما يعادل قدرة حصان لكل مائة قدم مربعة من المرايا العاكسة المركزة المستخدمة، ولكن هذه الآلة لم تبلغ من الجودة الحد المرجو لتسرب مقدارا كبيرا من الحرارة.

المحرك الشمسي

وأما في أمريكا، وعلى الأخص في الأصقاع الحارة التي يندر فيها وجود الوقود، والتي إليها ترسل الشمس أشعتها الكثيفة طوال أيام السنة، فقد أقيمت قانصات للأشعة من نماذج مختلفة وأسفر استخدامها عن نجاح عظيم. فقد ابتنى

الدكتور وليم كالفر، وهو من واشنطون، في صحاري أريزونا إطارات ضخمة تحمل مرايا عظيمة. وهذه الإطارات تتحرك على قضبان دائرية لكي تظل المرايا موجهة للشمس طيلة النهار من الشروق إلى الغروب. وبلغ عدد هذه المرايا ألفاً وستمائة. وتعطى كل مرآة منها عند نقطة التركيز من الحرارة ما يرفع درجة حرارة جرام الماء إلى ما بين ١٠ درجات و١٥ درجة فهرنهيتية. وبعملية حسابية بسيطة يتضح لك أن المجهود المشترك لهذه المرايا العاكسة المجمعة من الحرارة ما يرفع الدرجة إلى ما بين ١٦٠٠٠ درجة و٢٤٠٠٠ درجة، مع أن أكبر درجة حرارية معروفة وصل الإنسان إليها هي درجة حرارة القوس الكهربائي التي تبلغ نحو ستة آلاف على مقياس فهرنهيت.



(شكل ١١٨) المحرك الشمسي المستعمل في كاليفورينا بأمريكا وهو يشغل مضخة ترفع من الماء في الدقيقة ١٤٠٠ جالون

ومن ثم كان التأثير المشترك لهذه المرايا المحرقة شديداً لا يقاوم، فهي تستطيع في لحظة أن تصهر الحديد وتجعله ليناً كالشمع السائل، بل تستطيع أن

تحرق الطوب الأخضر فتحيله طوباً أحمر في وقت أقصر من وقت القمائن العادية بعشرين مرة؛ وهذا عدا ما يكسبه الطوب من متانة تعجز البناء عند الكسر؛ ومن صلابة تكشط أشد أنواع الصلب.

وفي كاليفورنيا توجد محركات شمسية من طراز آخر ليتصور القارئ قصة كبيرة مخروطية الشكل وضعت فيها ١٨٠٠ مرآة طول الواحدة منها ثلاثة أقدم وعرضها قدمان؛ وقد أعدت هذه القصعة بحيث تواجه الشمس باستمرار كلما تحركت الشمس وذلك بآلة ميكانيكية خاصة. ووضع عند بؤرة المرايا مرجل يبلغ طوله ثلاثة عشر قدماً ونصف قدم؛ وقد دهن هذا المرجل بمادة سوداء لكي يمتص الحرارة وهو يسع مائة جالون من الماء؛ ويغذى باستمرار بالماء بجهاز تلقائي (أوتوماتيكي) لكي يتصاعد البخار منه باستمرار طيلة اليوم ويوجه البخار خلال أنابيب إلى آلة مسلطة على مضخة مائية ترفع في الدقيقة الواحدة ١٤٠٠ جالون من الماء. وهذه المضخة تشغل الآن بنجاح.

والجهاز رخيص جداً إذا روعيت الفائدة الناجمة منه، والمنتظر أن يعم استعمال المحركات الشمسية في البلاد التي تتعرض باستمرار لأشعتها المحرقة كصعيد مصر، فتصبح كالطواحين الهوائية ومداخن المصانع. وبانضمام القوة التي يمكن توليدها من مساقط المياه في أسوان مثلاً إلى قوة المحركات الشمسية الممكن تشييدها هناك نستطيع الحصول على إيراد وافر من القوة الكهربائية التي يمكن استخدامها في أغراض كثيرة.

ولما كانت الحرارة الساقطة عل مرآة مساحتها لا تتعدى بضع ياردات مربعة ترفع ١٠٠٠٠٠ جالونا من الماء تقريباً في الساعة فإن الأمل كبير في استصلاح الصحاري في حالة ما إذا كان الماء الموجود في بطن الأرض في هذه الصحاري كثيراً كأشعة الشمس. وتأثير الماء في الأرض القاحلة عظيم. وقد

استصلح الفرنسيون في بلاد الجزائر ألوف الأميال المربعة من الأرض الجرداء عن طريق الري العلمي. أما في أستراليا فقد حولت الآبار الكثيرة التي حفرت فيها ملايين الأفدنة من صحاريها إلى أرض زراعية صالحة للزرع والاستثمار والسكنى.

ولا يحتاج الأمر في الواقع إلا إلى تسخير حرارة الشمس في إيصال الماء إلى الجهات التي حرمتها هذه الشمس عينها من الماء زمناً طويلاً. والمحرك الشمسي الآن في بداية أمره ولا نستطيع أن نتكهن بما سيكون له من أثر في مستقبل المدنية مع أنه مبني على قاعدة علمية بسيطة واضحة. ولا نكون مغالين إذا قلنا إنه سيكون في المستقبل القريب مزاحماً شديد الخطر للفحم والبترول. على أنه يجدر بنا أن ندرك أن إخراج الفحم أو البترول من بطن الأرض ثم تحويله إلى حرارة فيه تطويل للطريق بخلاف استخدام أشعة الشمس مباشرة، إذ أن استخدامها يختصر الطريق.

وعلى ذلك فليس عمل الشمس قاصراً على ضبط حركات أفراد المجموعة الشمسية، بل إنها تساعد الحيوان والنبات على الحياة، وتساعد الإنسان أيضاً حتى في شؤون الحياة. ولا عجب في ذلك أليست هي الأم التي ولدت الأرض وما عليها؟.

الفهرس